

ГДЗ ГОТОВЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

*Правильные
ответы*

на вопросы учебника

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

В. Б. ЗАХАРОВ, С. Г. МАМОНТОВ, И. И. СОЙНИ

10
КЛАСС



др о ф а

Готовые Домашние Задания

В. Б. Захаров, Е. Т. Захарова, Д. Ю. Петров

БИОЛОГИЯ

**Правильные
ответы
на вопросы учебника**

В. Б. Захарова, С. Г. Мамонтова,
Н. И. Сони́на

«Общая биология. 10 класс»



Д р о ф а

Москва · 2005

УДК 373.167.1:57(076.2)

ББК 28.0я72

З-38

Захаров, В. Б.

З-38 **Правильные ответы на вопросы учебника**
В. Б. Захарова, С. Г. Мамонтова, Н. И. Сони-
на «Общая биология. 10 класс» / В. Б. Заха-
ров, Е. Т. Захарова, Д. Ю. Петров. — М. :
Дрофа, 2005. — 154, [6] с. — (Готовые до-
машние задания).

ISBN 5-7107-9114-8

Пособие содержит ответы на вопросы к параграфам учебника В. Б. Захарова, С. Г. Мамонтова, Н. И. Сониной «Общая биология. 10 класс».

Пособие облегчит выполнение домашних заданий и повторение учебного материала при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий поможет самостоятельно разобраться в учебном материале.

Пособие адресовано учащимся 10 классов, изучающим курс общей биологии по данному учебнику.

УДК 373.167.1:57(076.2)

ББК 28.0я72

ISBN 5-7107-9114-8

© ООО «Дрофа», 2005

Дорогой друг!

Перед вами учебное пособие — «Готовые домашние задания». Оно содержит ответы на вопросы, завершающие параграфы и главы учебника по общей биологии для 10 класса. Ответы на вопросы разделов, посвященных наиболее трудным для понимания общебиологическим закономерностям, содержат подробную информацию по теме, которую вы не сможете почерпнуть из текста параграфа учебника. Они часто расширяют и уточняют пройденный материал, а также содержат обобщение сведений, полученных вами при изучении биологии в предыдущих классах. В ответах к остальным разделам учебника приведены только самые необходимые сведения и понятия.

Авторы надеются на то, что это пособие поможет в осмыслении изучаемых вами сложнейших процессов, протекающих в живых системах, а также облегчит выполнение домашних заданий и повторение изученного при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий поможет самостоятельно разобраться в учебном материале.

*Академик РАН, профессор
В. Б. Захаров*

Происхождение и начальные этапы развития жизни на Земле

Многообразиие живого мира. Основные свойства живой материи

1.1. Уровни организации живой материи

Вопрос 1. Что такое органические молекулы и какова их роль в обеспечении процессов метаболизма в живых организмах?

Органические молекулы — молекулы, основой строения которых служат атомы углерода. Органические молекулы входят в состав биологических макромолекул. Так, аминокислоты являются мономерами белков; моносахариды — строительным материалом для образования полисахаридов; нуклеотиды служат мономерами нуклеиновых кислот; жирные кислоты и глицерин — основные составляющие жиров. В свою очередь, белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты, жиры — основные вещества, составляющие структуры живых

организмов как в клетках, так и в межклеточном веществе.

Таким образом, основной функцией органических соединений в клетке является пластическая, т. е. строительная, функция.

Помимо этого некоторые органические вещества выполняют также энергетическую функцию. Например, при окислении 1 г моносахарида глюкозы или 1 г белка образуется 17,6 кДж (4,2 ккал) энергии, а при окислении 1 г жира — 38,9 кДж (9,3 ккал). Многие белки осуществляют ферментативную функцию. Нуклеиновые кислоты хранят и передают наследственную информацию.

Вопрос 2. В чем заключаются принципиальные различия клеток живых организмов, относящихся к различным царствам природы?

Клетка представляет собой структурную единицу всех живых организмов вне зависимости от уровня их организации. Это элементарная единица живой системы. В природе нет более мелких систем, которым были бы присущи все свойства живого. По особенностям клеточной организации живые организмы делятся на прокариот — безъядерных и эукариот — ядерных. К прокариотам относят царство Дробянки, а к эукариотам — царства Животные, Растения и Грибы.

Основные отличия эукариотических и прокариотических клеток представлены в таблице.

Эукариоты	Прокариоты
<p>1. Имеется ядро, ограниченное оболочкой, состоящей из двух мембран, генетический материал хранится внутри ядра — в хромосомах. Единовременно, как правило, функционирует небольшое количество генов, в особенности в клетках многоклеточных организмов</p>	<p>1. Ядро отсутствует; кольцевая молекула ДНК свободно расположена в цитоплазме, не связана с белками и не образует спиралей высокого уровня. Непрерывно работает большинство генов</p>
<p>2. Дыхание аэробное, происходит в митохондриях</p>	<p>2. Дыхание происходит на внутренней поверхности цитоплазматической мембраны и в мезосомах — впячиваниях плазматической мембраны</p>
<p>3. Клетке присущ мембранный принцип строения. Органелл много, некоторые из них имеют две мембраны (митохондрии, хлоропласты)</p>	<p>3. Органелл мало; представлены только рибосомы, видоизмененный аппарат Гольджи и лизосомы. Внутренних мембран нет</p>

<p>4. Размеры эукариотической клетки в 1000–10 000 раз больше, чем у прокариот, могут достигать 40 мкм, у некоторых одноклеточных организмов – нескольких миллиметров</p>	<p>4. Размеры клеток прокариот – от 0,5 до 5 мкм</p>
<p>5. Существуют в виде одноклеточных организмов и образуют многоклеточные организмы</p>	<p>5. Существуют только в виде одноклеточных организмов</p>
<p>6. Животные клетки не имеют клеточной стенки; растительные обладают клеточной стенкой из целлюлозы, грибы имеют клеточную стенку из хитина</p>	<p>6. Имеют клеточную стенку, состоящую из муреина</p>
<p>7. Размножение (деление) осуществляется путем митоза</p>	<p>7. Размножаются путем простого деления надвое, чему предшествует удвоение кольцевой хромосомы</p>

Эукариотические клетки представителей различных царств живой природы имеют определенные отличия друг от друга.

1. У клеток представителей царства животных клеточной стенки нет, раститель-

ные клетки имеют клеточную стенку из целлюлозы, клеточная стенка клеток грибов состоит из хитина.

2. Клетки растений содержат пластиды, в клетках грибов и животных их нет. Пластиды — двумембранные органеллы, присущие только растительным клеткам. В них происходят процессы фотосинтеза и депонируются питательные вещества.

3. Для растительных клеток характерно наличие крупных вакуолей, тогда как в клетках животных они встречаются редко.

4. В клеточных стенках растений и грибов имеются плазмодесмы — поры, выстланные плазматической мембраной и содержащие цитоплазму. Посредством плазмодесм клетки сообщаются между собой.

Вопрос 3. В чем сущность цитологических, гистологических и анатомических методов исследования живой материи?

Цитологический, гистологический и анатомический методы изучают живую материю на различных уровнях организации.

Цитологический метод применяется для изучения клетки. При этом используются световая и электронная микроскопия, биохимические методы.

Гистологический метод применяется при изучении тканей. *Ткань* — это со-

вокупность клеток различных клеточных типов и межклеточного вещества, специализированная для выполнения определенных функций. Применяются методы световой и электронной микроскопии, гистохимии, техники изготовления гистологических препаратов, биохимические методы.

Используя *анатомический метод*, изучают органнй уровень организации. *Орган* — это совокупность тканей, объединенная для выполнения определенных функций и занимающая конкретное место в организме. При этом исследуется строение и взаиморасположение органов макроорганизма макроскопическими методами, используются также и данные цитологических и гистологических исследований.

Вопрос 4. Что называют биогеоценозом?

Биогеоценоз — совокупность живых организмов разного уровня организации, проживающих на одной территории, и факторов окружающей среды, влияющих на них. В биогеоценозе выделяют два компонента: биоценоз и экотоп. Под *биоценозом* понимают совокупность живых организмов различных систематических групп, обитающих на одной территории. *Экотоп* представляет собой совокупность факторов среды, воздействующих на биоценоз.

Вопрос 5. Как можно охарактеризовать биосферу Земли?

Биосфера — оболочка Земли, заселенная и преобразуемая живыми организмами. Это совокупность всех живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Границы биосферы простираются в атмосфере до озонового экрана (около 20 км), в литосфере Земли — до 5—7 км в глубину и в толщу всей гидросферы, т. е. во все области, где есть живые организмы. В биосфере выделяют живое вещество — *биомассу*; неживое (инертное) — *косное вещество* — компоненты атмосферы, гидросферы и литосферы; *биокосное вещество* — продукт взаимодействия живых организмов с косным веществом, например почвы, и *биогенное вещество* — все, что произведено живыми организмами — каменный уголь, нефть, газ, руды, мел, мрамор, известняк.

Биосферный уровень — высший уровень организации жизни.

Вопрос 6. Какие метаболические процессы протекают на уровне биосферы? В чем их принципиальное значение для живых организмов, обитающих на нашей планете?

Основными метаболическими процессами на уровне биосферы являются биогеохимические циклы основных биогенных

веществ — углерода (С), кислорода (O_2), воды (H_2O), серы (S), азота (N_2), других элементов и веществ.

Круговорот воды

Вода — основа жизни на Земле, универсальный растворитель, среда, в которой протекают биохимические реакции.

Вода испаряется с поверхности Мирового океана и органов растений и образует облака. В атмосфере вода конденсируется под действием более низких температур и выпадает на Землю в виде осадков — дождя, росы, снега. С током рек и ручьев выпавшие осадки возвращаются в Мировой океан, часть их поглощается растениями и животными. Этот цикл повторяется в природе вновь и вновь.

Круговорот углерода и кислорода

Все организмы по принципу их питания можно разделить на *автотрофные* (в частности, фотосинтетики), синтезирующие органические вещества из углекислого газа и воды за счет энергии солнечного света, и *гетеротрофные*, использующие для питания готовые органические вещества. В результате процессов жизнедеятельности, смерти и разложения живых организмов на Земле совершается биогеохимический цикл углерода и кислорода — их круговорот.

Так, под действием солнечной энергии фотосинтезирующие организмы преобразуют углекислый газ и воду в органическое вещество — глюкозу — и выделяют в качестве побочного продукта реакций фотосинтеза кислород. В процессе дыхания живые организмы поглощают кислород и выделяют углекислый газ.

При гибели и разложении в присутствии кислорода органические составляющие организмов окисляются до углекислого газа и воды. Таким образом, при дыхании и расщеплении органических молекул в процессе метаболизма живые организмы выделяют углекислый газ и воду, которые впоследствии, в результате фотосинтеза, вновь преобразуются в органическое вещество и кислород.

Круговорот азота

В природе азот в основном существует в свободной молекулярной форме в виде химически малоактивного газа азота N_2 . Живые организмы способны усваивать только связанный азот в форме нитрат-иона NO_3^- или иона аммония NH_4^+ . Поэтому азот является основным лимитирующим фактором среди элементов, необходимых для живых систем. Способностью связывать свободный азот обладают некоторые виды бактерий. Этот процесс называется *азот-*

фиксацией. Азотфиксирующие бактерии обитают в клубеньках бобовых растений (горох, фасоль и др.) и преобразуют свободный азот N_2 в ион аммония NH_4^+ , который используется для построения молекул аминокислот, белков и нуклеотидов. Большинство же растений, не способных к фиксации азота, получают его из почвы в виде нитрат-иона NO_3^- и ассимилируют его, превращая в ион аммония.

Гетеротрофные организмы поглощают азот в виде иона аммония NH_4^+ при поедании биомассы других организмов. После смерти телá живых организмов разлагаются бактериями и грибами в присутствии кислорода, а соединения азота окисляются по схеме: $NH_4^+ + O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O$. Таким же образом может происходить окисление аммиака нитрифицирующими бактериями (*нитрификация*), получающими энергию за счет окисления неорганических веществ, т. е. использующими хемотрофный путь питания.

Обратный процесс — превращение связанного азота в инертный — называется *денитрификацией*. Он происходит в бескислородных условиях под действием денитрифицирующих бактерий, вместо кислорода в качестве окислителя использующих нитрат-ион (NO_3^-): $C_{орг} + NO_3^- \rightarrow CO_2 + N_2$. Таким образом, замыкается

круговорот азота. В результате запасы этого важнейшего биогенного элемента в живых системах не истощаются.

Круговорот серы

Необходимым компонентом большинства белков является сера. В природе сера чаще всего встречается в виде соединений сульфат-иона (SO_4^{2-}) — больше всего в виде гипса (CaSO_4), пирита (FeS_2) и самородной серы. Растения способны усваивать серу в виде сульфатов, животные могут удовлетворить свои потребности в сере только за счет других организмов.

В целом цикл серы можно представить следующим образом. Растения поглощают из почвы сульфат-ион SO_4^{2-} , используют его в построении собственных аминокислот и белков. Животные, поедая растения и других животных, также получают серу и используют ее в процессах пластического обмена. Умирая, животные и растения разлагаются в присутствии кислорода, и вновь образуется сульфат-ион (SO_4^{2-}).

Таким образом, все глобальные метаболические процессы в биосфере связаны со сложными пищевыми взаимоотношениями между организмами. Основным биологическим смыслом круговорота веществ в природе является поддержание их необходимого количества в живых системах.

1.2. Критерии живых систем

Вопрос 1. Перечислите и охарактеризуйте общие свойства живых систем.

Вопрос 2. Как проявляются различные свойства живого на различных уровнях организации?

1. **Единство химического состава.** Все живые организмы преимущественно состоят из органических молекул: нуклеиновых кислот, белков, жиров и углеводов.

2. **Клеточный принцип организации.** Клетка — это элементарная структурно-функциональная единица, а также единица развития любого живого организма. В природе нет более мелких систем, которым были бы присущи все без исключения свойства живого. Неклеточных форм жизни, за исключением вирусов и бактериофагов, не существует.

3. **Метаболизм** — обмен веществ с окружающей средой и преобразование молекул, обеспечивающие постоянство химического состава организма и строения всех его частей, т. е. поддержание гомеостаза, а следовательно, непрерывность его функционирования в постоянно меняющихся условиях внешней среды.

4. **Репродукция (размножение)** — способность живых систем воспроизводить себе подобных. Осуществляется реп-

родукция на всех уровнях организации живого:

— молекулярном (редупликация ДНК);

— субклеточном (удвоение пластид, центриолей, митохондрий в клетке);

— клеточном (деление клетки путем митоза);

— тканевом (поддержание постоянства клеточного состава за счет размножения отдельных клеток);

— организменном:

а) *бесполое* размножение — увеличение численности и преемственность поколений осуществляются за счет митотического деления соматических клеток;

б) *половое* размножение — увеличение численности и преемственность поколений обеспечиваются половыми клетками — гаметами.

5. Наследственность — способность живых организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение.

6. Изменчивость — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства.

7. Развитие и рост. Развитие живой природы — *эволюция* — необратимое, направленное, закономерное изменение объектов живой природы, сопровождающееся приобретением адаптаций (приспособле-

ний), возникновением новых видов и вымиранием прежде существовавших форм.

Онтогенез — индивидуальное развитие организма с момента оплодотворения и образования зиготы до смерти; заключается в последовательной смене комплексов признаков и свойств (фенотипов), в основе которой лежит изменение активности генетических программ.

У конкретных живых организмов развитие обычно сопровождается *ростом* — увеличением массы организма за счет репродукции структур на всех уровнях организации организма.

8. Раздражимость — это способность организма избирательно реагировать на внешнее воздействие. У многоклеточных животных реакция на внешнее раздражение реализуется посредством нервной системы и называется *рефлексом*. Организмы, не имеющие нервной системы, лишены и рефлексов. У них реакция на раздражение осуществляется в форме таксисов, тропизмов или настий.

Таксисы — направленные движения организма в сторону раздражителя или от него (положительный и отрицательный таксис). Различают хемотаксис, фототаксис, термотаксис и др.

Тропизмы — направленный рост частей растительного организма по отношению к раздражителю. Геотропизм — рост

корневой системы растения по направлению к центру планеты; гелиотропизм — рост побеговой системы по направлению к солнцу, т. е. против силы тяжести.

Настии — движения частей растения по отношению к раздражителю (движение листьев в течение светового дня в зависимости от положения солнца на небосводе; раскрытие и закрытие венчика цветка).

9. *Дискретность* (деление на части) — всеобщее свойство материи, характерное и для живых систем. Клетки состоят из отдельных органоидов, ткани — из клеток, органы — из тканей и т. д. Это свойство позволяет осуществить замену части без остановки функционирования системы в целом и возможность специализации различных частей на неодинаковых функциях.

10. *Авторегуляция* (саморегуляция) — способность живых организмов в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды поддерживать постоянство своего химического состава, структуры и интенсивность физиологических процессов — гомеостаз. Саморегуляция обеспечивается деятельностью регуляторных систем: нервной, эндокринной, иммунной и др. В биологических системах надорганизменного уровня саморегуляция осуществляется на основе межорганизменных и межпопуляционных отношений.

Возникновение жизни на Земле

2.1. История представлений о возникновении жизни

Вопрос 1. Каковы основы и сущность жизни по мнению древнегреческих философов?

В Древней Греции в V—IV вв. до н. э. в недрах целостной философии природы возникли первые зачатки античной науки. Основоположники греческой философии Фалес, Анаксимандр, Анаксимен и Гераклит искали материальное первоначало, из которого в силу естественного саморазвития возник мир. Для Фалеса этим первоначалом была вода. Анаксимандр полагал, что живые существа образуются из неопределенной материи — «апейрона» по тем же законам, что и объекты неживой природы. Анаксимен считал материальным первоначалом мира воздух, из которого все возникает и в который все возвращается обратно. Великий древнегреческий философ Гераклит впервые ввел в философию и науку о природе понятие о постоянном изменении объектов живой и неживой природы. Первоначалом мира он считал огонь и учил, что каждое изменение есть результат борьбы: «Все возникает через борьбу и по необходимости».

Систематическим изучением животных занимался Аристотель. Во всех телах природы он различал две стороны: материю, обладающую различными возможностями, и душу, под влиянием которой реализуется данная возможность материи. Он различал три вида души: растительную, или питающую, присущую всем растениям и животным; чувствующую, свойственную животным; и разумную, которой наделен человек.

Вопрос 2. В чем заключается смысл опытов Ф. Реди?

В середине XVII в. Ф. Реди опроверг возможность зарождения «живого из неживого», доказав причинно-следственную связь между взрослыми формами насекомых (мух) и их личинками, развивающимися в мясе.

Вопрос 3. Опишите опыты Л. Пастера, доказывающие невозможность самозарождения жизни в современных условиях.

Пастер заполнял колбу питательной средой, шейке колбы придавал изогнутую S-образную форму. При кипячении содержимого колбы воздух вместе с паром выходил наружу, а при остывании раствора возвращался в колбу, однако содержащиеся

в воздухе микроорганизмы не попадали в питательную среду, так как оседали на изогнутой шейке колбы, и поэтому жидкость в пробирке оставалась стерильной. Если отрезать изогнутый участок шейки колбы или смыть с него микроорганизмы в питательный раствор, то через некоторое время в растворе обнаруживается рост микроорганизмов.

Вопрос 4. Что собой представляют теории вечности жизни?

Различные теории вечности жизни рассматривают жизнь как существующую постоянно.

Теория панспермии основывается на том, что семена жизни попали на Землю с других планет, например с упавшими метеоритами. Основателями данной теории являлись Г. Рихард, Г. Томсон, Г. Гельмгольц.

По другой теории, предложенной В. Прейером и В. И. Вернадским, жизнь существовала всегда, а неорганические вещества возникли как результат деятельности живых организмов.

Однако упомянутые теории не дают ответа на вопрос о происхождении жизни, а отвечают только на вопрос о ее появлении на Земле.

Вопрос 5. Какие материалистические теории происхождения жизни вам известны?

1. *Теория Э. Пфлюгера.* Впервые рассматривается происхождение жизни как возникновение белковых тел. Разбираются различия между «живым» и «мертвым» белком, из которых основное заключается в неустойчивости «живого» белка и его способности к изменениям, которые объяснялись наличием в биологических молекулах кислорода и группы циана (CN).

2. *Теория Дж. Эллена.* Она приурочивает появление первых азотистых соединений к моменту, когда пары воды вследствие охлаждения превратились в воду и на поверхности Земли образовались мелкие водоемы. В воде были растворены соли металлов, имеющие первостепенное значение для образования и деятельности белков. В ней же содержалась углекислота, которая вступала в соединение с оксидами азота и аммиаком. Последние могли образовываться под действием электрических разрядов, происходивших в атмосфере, содержащей азот.

3. *Теория коацерватных капель академика А. И. Опарина.* Согласно этой теории, для перехода от химической эволюции к биологической необходимо возникновение индивидуальных фазово-обо-

собленных систем, способных взаимодействовать с окружающей внешней средой, используя ее вещества и энергию, и на этой основе расти, множиться и подвергаться естественному отбору. Подобные системы Опарин назвал коацерватными каплями. Они представляют собой многомолекулярные комплексы, окруженные водной оболочкой из определенным образом ориентированных диполей воды.

2.2. Современные представления о возникновении жизни

2.2.1. Эволюция химических элементов в космическом пространстве

2.2.2. Образование планетных систем

Вопрос 1. Что такое реакции ядерного синтеза? Приведите примеры.

Реакции ядерного синтеза протекают при высоких температурах и давлении; в результате из простых химических элементов образуются более сложные, например при слиянии четырех атомов водорода образуется атом гелия, при этом выделяется энергия.

Вопрос 2. Как, в соответствии с гипотезой Канта—Лапласа, из газовой пылевой материи формируются звездные системы?

В космическом пространстве формируются колоссальные скопления газовой пылевой материи — туманности. Их размеры могут достигать нескольких десятков световых лет. Материя, входящая в состав туманности, находится в постоянном движении — туманности вращаются вокруг своей оси, совершая один оборот примерно за 100 млн лет. В результате преобладания центробежных сил над центростремительными происходит многократная фрагментация газовой пылевой облака. Это происходит до тех пор, пока не образуется облако — протозвездный диск, масса и скорость вращения которого обеспечивают преобладание центростремительных сил. Большая часть материи диска (более 99%) концентрируется, переходит в состояние плазмы, возникает звезда. Из остальной части газовой пылевой материи формируются планеты.

Вопрос 3. Есть ли различия в химическом составе планет одной и той же звездной системы?

Поскольку все планеты формируются из газовой пылевой материи, элементный состав у них одинаковый. Однако по составу минералов и их распределению планеты могут отличаться.

2.2.3. Первичная атмосфера Земли и химические предпосылки возникновения жизни

2.2.4. Источники энергии и возраст Земли

2.2.5. Условия среды на древней Земле

Вопрос 1. Перечислите космические и планетарные предпосылки возникновения жизни абиогенным путем на нашей планете.

1. Космические предпосылки:

- равномерное излучение звезды;
- ультрафиолетовое излучение с длиной волны короче 150 нм;
- удары метеоритов; приливы и отливы.

2. Планетарные предпосылки:

- оптимальное расстояние до звезды;
- размеры планеты, достаточные для удержания атмосферы;
- круговая орбита;
- высокая скорость вращения планеты вокруг своей оси;
- первичная восстановительная атмосфера;
- наличие первичного океана (водная среда);
- вулканизм (высокие температуры);
- пористые глины приливно-отливной зоны, на которых происходили адсорбция и перемешивание веществ первичного оке-

ана (повышение концентрации веществ в зоне адсорбции);

— молнии (энергия грозových разрядов).

Вопрос 2. Какое значение для возникновения органических молекул из неорганических веществ на Земле имел восстановительный характер первичной атмосферы?

Восстановительная атмосфера с высоким содержанием аммиака создавала условия возникновения первых аминокислот. Это доказано опытами С. Миллера и Х. Юри, которые подвергли смесь водорода, метана, аммиака и воды воздействию электрических разрядов, что привело к образованию аминокислот и других органических соединений в растворе.

Вопрос 3. Опишите аппарат и методику проведения опытов С. Миллера и Х. Юри.

Суть метода Миллера—Юри заключается в том, что они постарались максимально приблизить параметры эксперимента к условиям, существовавшим на Земле 4—4,5 млрд лет назад. Аппарат Миллера представлял собой замкнутый контур, в котором через пары кипящей воды, содержащей метан, аммиак и водород, пропускались электрические разряды. Затем пары проходили через холодильник-конденсатор, и органические вещества оказы-

вались в растворе, который затем подвергали качественному и количественному анализу.

2.3. Теории происхождения протобиополимеров

Вопрос 1. Что такое коацервация, коацерват?

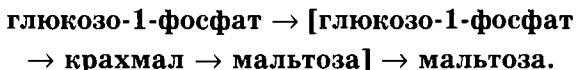
Коацервация — процесс выделения из однородного раствора многомолекулярных фазово-обособленных образований, отделенных от внешней среды водной оболочкой.

Коацерват — многомолекулярный комплекс, отграниченный от внешней среды водной оболочкой, способный к примитивному метаболизму — поглощению из среды и выделению в нее определенных молекул.

Вопрос 2. На каких модельных системах можно продемонстрировать образование коацерватных капель в растворе?

Например, коацерватную каплю, образованную из белка, гуммиарабика и фосфоорилазы, погружают в раствор глюкозо-1-фосфата. Глюкозо-1-фосфат начинает входить в каплю и полимеризуется в ней в крахмал при действии катализатора — фосфоорилазы. Процессы, протекающие в коацерватной капле, изображены в квад-

ратных скобках, а вне их помещены вещества, находящиеся во внешней среде:



За счет образовавшегося крахмала капля растет, что легко может быть установлено как химическим анализом, так и непосредственными микроскопическими измерениями. Если в каплю включить другой катализатор — *b*-амилазу, крахмал распадается до мальтозы, которая выделяется во внешнюю среду.

Таким образом, возникает простейший метаболизм. Вещество входит в каплю, полимеризуется, обуславливая рост системы. А при распаде вещества продукты этого процесса выходят во внешнюю среду, где их ранее не было.

Другая схема иллюстрирует опыт, где полимером является полинуклеотид. Капля, состоящая из белка-гистона и гуммиарабика, окружена раствором АДФ.

Поступая в каплю, АДФ полимеризуется под влиянием полимеразы в полиадениловую кислоту, за счет которой капля растет, а неорганический фосфор поступает во внешнюю среду:



При этом капля за короткий срок увеличивается в объеме более чем в 2 раза.

Как в случае синтеза крахмала, так и при образовании полиадениловой кислоты в качестве исходных веществ в окружающий раствор вносили богатые энергией (макроэргические) соединения. За счет энергии этих соединений, поступающих из внешней среды, и происходил синтез полимеров и рост коацерватных капель. В другой серии опытов академиком А. И. Опариным и его сотрудниками было продемонстрировано, что и в самих коацерватных каплях могут протекать реакции, связанные с рассеиванием энергии.

Вопрос 3. Какие возможности для преодоления низких концентраций органических веществ существовали в водах первичного океана?

1. Адсорбция органических веществ первичного океана в мелкопористых, очень тонких глинах приливно-отливной зоны. Это значительно повышало их концентрацию.

2. Локализация данных адсорбентов преимущественно в приливно-отливной и прибойной зоне, что обеспечивало постоянное перемешивание веществ между собой и увеличивало частоту происходящих биохимических реакций.

3. Возникновение «пленок» из гидрофобных молекул на поверхности воды.

4. Процессы коацервации, которые позволяли сконцентрироваться полимерам в пределах одной капли при крайне низкой их концентрации в растворе.

Вопрос 4. В чем заключаются преимущества для взаимодействия органических молекул в зонах высоких концентраций веществ?

В зонах высоких концентраций веществ повышаются частота и избирательность контактов между органическими молекулами, а следовательно, и скорость образования протобионтов.

2.4. Эволюция протобионтов

Вопрос 1. Каким образом в водах первичного океана могли распределиться органические молекулы, имеющие гидрофильные и гидрофобные свойства?

Гидрофильные органические молекулы в водах первичного океана находились в растворенном ионизированном виде или осаждались на глинах и слюдах, гидрофобные образовывали пленки на поверхности воды.

Вопрос 2. Назовите принцип разделения раствора на фазы с высокой и низкой концентрацией молекул.

В водной среде растворимые вещества диссоциируют на ионы. Ионы являются заряженными частицами, а молекула воды представляет собой электрический диполь. Поэтому молекулы воды группируются вокруг заряженных частиц, образуя так называемую молекулярную «рубашку». Подобные структуры могут сливаться между собой, образуя участки с высокой концентрацией молекул, тогда как в окружающей среде их содержание будет относительно невысоко.

Вопрос 3. Что такое коацерватные капли?

Коацерватные капли — многомолекулярные комплексы, отграниченные от внешней среды водной оболочкой, способные к примитивному метаболизму по типу открытых систем, а также к самовоспроизведению на основе соответствия химического состава дочерних коацерватных капель условиям среды.

Вопрос 4. Как происходил отбор коацерватов в «первичном бульоне»?

Естественный отбор действовал в сторону сохранения коацерватов, обладавших наиболее разнообразными и наиболее удачными в смысле каталитической активности пептидами.

2.5. Начальные этапы биологической эволюции

Вопрос 1. В чем заключается сущность гипотезы возникновения эукариот путем симбиогенеза?

Гипотеза симбиогенеза заключается в том, что вероятнее всего основной базой для возникновения эукариотической клетки была гетеротрофная амебовидная клетка, пищей которой служили более мелкие клетки. Среди них были и аэробные бактерии, которые могли продолжать функционировать в клетке-хозяине. Те амебовидные клетки, в теле которых аэробные бактерии продолжали функционировать, оказались в более выгодном положении, чем клетки, продолжавшие получать энергию анаэробным путем. В дальнейшем аэробные бактерии-симбионты превратились в митохондрии, а к поверхности клетки-хозяина прикрепилась другая группа симбионтов — жгутиковые бактерии. Они дали начало органеллам движения — жгутикам (ресничкам). Так возникли предшественники ныне живущих жгутиковых простейших.

Образовавшиеся подвижные эукариоты путем симбиоза с фотосинтезирующими прокариотами дали начало водорослям, а в дальнейшем — и высшим растениям.

Вопрос 2. Какими способами первые эукариотические клетки получали энергию, необходимую для процессов жизнедеятельности?

Первые эукариотические клетки обладали гетеротрофным типом питания и, по-видимому, являлись анаэробами (бескислородный тип энергетического обмена), получая энергию за счет брожения. Так продолжалось до тех пор, пока в результате симбиоза в эукариотических клетках не появились митохондрии, основой для формирования которых послужили аэробные бактерии, позволившие эукариотическим организмам перейти на аэробный тип обмена. Другая группа эукариот приобрела пластиды и перешла к автотрофному типу питания.

Вопрос 3. У каких организмов впервые в процессе эволюции появился половой процесс?

Половой процесс в ходе эволюции возник у одноклеточных эукариот, обладавших диплоидным набором хромосом, что сделало возможным обмен копиями генов между разными особями одного вида. Так, например, у инфузорий половой процесс называется конъюгацией и заключается в обмене гаплоидными ядрами (содержащими одинарный набор хромосом) между двумя организмами.

Вопрос 4. Опишите сущность гипотезы И. И. Мечникова о возникновении многоклеточных организмов.

Основу современных представлений о возникновении многоклеточных организмов составляет *гипотеза фагоцителлы*, разработанная И. И. Мечниковым.

В соответствии с этой гипотезой многоклеточные организмы произошли от колониальных простейших-жгутиконосцев. Среди клеток такой колонии существовали движущие клетки, снабженные жгутиками, и питающие — фагоцитирующие добычу и уносящие ее в глубь колонии. Впоследствии из наружного слоя клеток, выполнявшего покровную и двигательную функции, образовалась эктодерма — покровная ткань, а из клеток, занимавшихся пищеварением, — энтодерма. Часть клеток, которая специализировалась на функции размножения, стали половыми клетками. Подтверждением данной гипотезы является существование фагоцителлоподобного организма — трихоплакса.

Химическая организация клетки

3.1. Неорганические вещества, входящие в состав клетки

Вопрос 1. Какие химические элементы входят в состав клетки?

В состав клетки входит около 70 элементов периодической системы Д. И. Менделеева.

Из них основная часть (98%) приходится на *макроэлементы* — углерод, водород, кислород, азот, которые вместе с серой и фосфором образуют группу *биоэлементов*.

На долю таких элементов, как сера, фосфор, калий, натрий, железо, кальций и магний, приходится только 1,8% веществ, входящих в состав клетки.

Помимо этого в состав клетки входят *микроэлементы* — иод (I), фтор (F),

цинк (Zn), медь (Cu), кобальт (Co), составляющие 0,18% от общей массы, и *ультрамикроэлементы* — золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt) входящие в состав клетки в количестве до 0,02% .

Вопрос 2. Приведите примеры биологической роли химических элементов.

Биоэлементы — кислород, водород, углерод, азот, фосфор и сера — являются необходимыми составными частями молекул биологических полимеров — белков, полисахаридов и нуклеиновых кислот.

Натрий, калий и хлор обеспечивают проницаемость клеточных мембран, работу калий-натриевого (K/Na^+) насоса, проведение нервного импульса.

Кальций и фосфор являются структурными компонентами межклеточного вещества костной ткани. Помимо этого кальций является одним из факторов свертываемости крови.

Железо входит в состав белка эритроцитов — гемоглобина, а медь — в состав сходного с ним белка, тоже являющегося переносчиком кислорода, — гемоцианина (например, в эритроцитах моллюсков).

Магний является обязательной частью хлорофилла клеток растений. А иод и цинк входят в состав гормонов щитовидной и поджелудочной желез соответственно.

Вопрос 3. Что такое микроэлементы? Приведите примеры и охарактеризуйте их биологическое значение.

Микроэлементы — вещества, входящие в состав клетки в малых количествах (от 0,18 до 0,02%). К микроэлементам относятся цинк, медь, иод, фтор, кобальт.

Находясь в составе клетки в виде ионов и иных соединений, они активно участвуют в построении и функционировании живого организма. Так, цинк входит в состав молекулы инсулина — гормона поджелудочной железы. Иод — необходимый компонент тироксина — гормона щитовидной железы. Фтор участвует в образовании костей и эмали зубов. Медь входит в состав молекул некоторых белков, например гемоглобина. Кобальт является компонентом молекулы витамина B_{12} , необходимого организму для кроветворения.

Вопрос 4. Какие неорганические вещества входят в состав клетки?

Из неорганических веществ, входящих в состав клетки, наиболее распространенным является вода. В среднем в многоклеточном организме вода составляет до 80% массы тела. Помимо этого, в клетке находятся различные неорганические соли, диссоциированные на ионы. В основном это соли натрия, калия, кальция, фосфаты, карбонаты, хлориды.

Вопрос 5. В чем заключается биологическая роль воды? минеральных солей?

Вода является самым распространенным неорганическим соединением в живых организмах. Ее функции во многом определяются дипольным характером строения ее молекул.

1. Вода — универсальный полярный растворитель; многие химические вещества в присутствии воды диссоциируют на ионы — катионы и анионы.

2. Вода является средой, где протекают различные химические реакции между веществами, находящимися в клетке.

3. Вода выполняет транспортную функцию. Большинство веществ способно проникнуть через клеточную мембрану только в растворенном в воде виде.

4. Вода является важным реагентом реакций гидратации и конечным продуктом многих биохимических реакций, в том числе окисления.

5. Вода выступает как терморегулятор, что обеспечивается ее хорошей теплопроводностью и теплоемкостью и позволяет поддерживать температуру внутри клетки при колебаниях температуры в окружающей среде.

6. Вода является средой для жизни многих живых организмов.

Жизнь без воды невозможна.

Минеральные вещества также имеют важное значение для процессов, происходящих в живых организмах. От концентрации солей в клетке зависят ее буферные свойства — способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию своего содержимого на постоянном уровне.

Вопрос 6. Какие вещества обуславливают буферные свойства клетки?

Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Во внеклеточной жидкости и крови роль буфера играют карбонат-ион CO_3^{2-} и гидрокарбонат-ион HCO_3^- . Анионы слабых кислот и щелочей связывают ионы водорода H^+ и гидроксид-ионы OH^- , благодаря чему реакция среды почти не меняется, несмотря на поступление извне или образование в процессе метаболизма кислых и щелочных продуктов.

3.2. Органические вещества, входящие в состав клетки

3.2.1. Биологические полимеры — белки

Вопрос 1. Какие органические вещества входят в состав клетки?

Органические вещества составляют в среднем 20—30% от массы клетки живого

организма. К ним относятся биологические полимеры — белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, жиры, а также ряд других молекул — гормоны, пигменты, АТФ, витамины.

Вопрос 2. Из каких простых органических соединений состоят белки?

Белки — линейные нерегулярные биополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В состав белков животного организма входит 20 основных аминокислот.

Аминокислоты — амфотерные органические соединения, имеющие карбоксильную группу (кислотную) и аминогруппу (основную) и отличающиеся друг от друга по строению радикала.

Вопрос 3. Что такое пептиды?

Молекулы, состоящие из аминокислот, соединенных пептидными связями, называются *пептидами*.

Пептидная связь образуется между углеродом кислотной группы одной и азотом основной группы последующей аминокислоты. Соединение двух аминокислот называется *дипептидом*, трех — *трипептидом*, более 20 аминокислот — *полипептидом*.

Вопрос 4. Что такое первичная структура белка?

Конкретная последовательность аминокислот в полипептидной цепи является *первичной структурой белка*; она определяется последовательностью нуклеотидов в молекуле ДНК.

Вопрос 5. Как образуются вторичная, третичная структуры белка?

Вторичная структура белка образуется за счет водородных связей между остатками карбоксильных и аминогрупп различных аминокислот и имеет вид правозакрученной спирали.

Третичная структура белка образуется за счет соединения аминокислот, находящихся в полипептидной цепи на некотором расстоянии друг от друга, водородными, ионными, дисульфидными (S—S) связями и гидрофобными взаимодействиями. Благодаря этому белковая молекула принимает шарообразную форму и называется *глобулой*.

Четвертичная структура белка — объединение нескольких белковых молекул, имеющих третичную организацию. В состав четвертичной структуры некоторых белков входят небелковые компоненты. Например, гемоглобин содержит железо.

Разноуровневая структурная организация белковых молекул необходима для выполнения ими их специфических функций.

Вопрос 6. Что такое денатурация белка?

Утрата белковой молекулой своей структурной организации называется *денатурацией*. Денатурация может быть обратима, если не разрушена первичная структура белка. В этом случае при восстановлении нормальных условий (температуры, кислотности и др.) происходит *ренатурация*.

Вопрос 7. Какие функции белков вам известны?

1. *Каталитическая*. Все биологические катализаторы — ферменты — имеют белковую природу.

2. *Пластическая* (строительная). Белки входят в состав клеточной мембраны и образуют немембранные структуры клетки (например, цитоскелет) и часть межклеточного вещества.

3. *Транспортная*. Например, гемоглобин переносит кислород в крови, в мембранах клеток имеются специальные транспортные белки, активно переносящие определенные вещества в клетку.

4. *Регуляторная*. Некоторые гормоны имеют белковую природу — инсулин, гормоны гипофиза.

5. **Сигнальная.** На наружной поверхности клеточной мембраны имеется множество специфических рецепторов гликопротеидной природы, воспринимающих внешние воздействия (гормоны) или определяющих характер взаимодействия клетки с вирусом.

6. **Двигательная.** Все виды движения обеспечиваются специфическими сократительными белками (актин, миозин; белки микротрубочек веретена деления).

7. **Защитная.** В ответ на внедрение инородных веществ (антигенов) клетками крови (лейкоцитами) синтезируются специальные белки — антитела.

8. **Энергетическая.** При расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии (4,2 ккал).

3.2.2. Органические молекулы — углеводы

Вопрос 1. Какие химические соединения называют углеводами?

Углеводы — органические соединения с общей формулой $C_n(H_2O)_m$.

Вопрос 2. Какие клетки наиболее богаты углеводами?

Наиболее богаты углеводами растительные клетки, где их содержание иногда достигает 90% сухой массы (клетки клуб-

ней картофеля, семена). В животных клетках содержание углеводов не превышает 2—5%.

Вопрос 3. Что такое моносахариды? Приведите примеры.

Простые углеводы называют *моносахаридами*. В зависимости от количества атомов углерода в молекуле их называют триозами — 3 атома, тетрозами — 4 атома, пентозами — 5 атомов и гексозами — 6 атомов углерода в молекуле.

Из шестиуглеродных моносахаридов наиболее важны глюкоза, фруктоза и галактоза, принимающие активное участие в процессах метаболизма. Из пятиуглеродных моносахаридов — дезоксирибоза и рибоза, входящие в состав соответственно ДНК и РНК.

Вопрос 4. Что такое дисахариды? Приведите примеры.

Дисахаридами называют химические соединения, образованные двумя молекулами моносахаридов. Например, пищевой сахар — сахароза состоит из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы.

Вопрос 5. Какой простой углевод служит мономером крахмала, гликогена, целлюлозы?

Мономером данных полисахаридов служит глюкоза. При этом крахмал и глико-

ген представляют собой разветвленные полимеры, а целлюлоза — линейный.

Вопрос 6. Укажите функции углеводов.

1. *Энергетическая.* Глюкоза — основной источник энергии в организме. При сгорании 1 г глюкозы образуется 17,6 кДж (4,2 ккал) энергии.

2. *Сигнальная.* Углеводы входят в состав гликопротеидных рецепторов, расширенных на поверхности клеточной мембраны.

3. *Резервная.* Углеводы обеспечивают запас питательных веществ в клетке в виде зерен крахмала или глыбок гликогена.

4. *Пластическая.* Углеводы образуют клеточную стенку растений (целлюлоза), грибов (хитин); формируют наружный хитиновый скелет членистоногих.

3.2.3. Органические молекулы — жиры и липоиды

Вопрос 1. Что такое жиры?

Вопрос 2. Опишите их химический состав.

Жиры — это эфиры высокомолекулярных жирных кислот и трехатомного спирта глицерина. Характерной особенностью жиров является их гидрофобность — нерастворимость в воде.

Вопрос 3. Какие функции выполняют жиры?

1. *Пластическая.* Фосфолипиды образуют клеточные мембраны.

2. *Энергетическая.* При окислении 1 г жиров выделяется 38,9 кДж (9,3 ккал) энергии.

3. Жиры являются растворителями для гидрофобных веществ, например витаминов (А, D, Е).

4. *Резервная.* Жировые включения — капли жира в цитоплазме клетки.

5. *Терморегуляция.* За счет плохой теплопроводности жировая ткань может служить теплоизолятором.

6. *Защитная.* Рыхлая жировая ткань при механическом повреждении предохраняет подлежащие органы от травмы.

Вопрос 4. В каких клетках и тканях наиболее велико количество жиров?

Содержание жиров в клетках колеблется от 5 до 15%. Однако в клетках жировой ткани их количество может достигать 90% сухого веса. Много жиров в семенах и плодах растений.

3.2.4. Биологические полимеры — нуклеиновые кислоты

Вопрос 1. Что такое нуклеиновые кислоты?

Нуклеиновые кислоты — линейные нерегулярные биополимеры, мономерами

которых являются нуклеотиды. *Нуклеотид* — органическое соединение, состоящее из азотистого основания (аденин, тимин, урацил, гуанин, цитозин), пятиуглеродного сахара (пентозы) — рибозы или дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты. В состав нуклеиновых кислот входит 8 видов нуклеотидов — 4 вида рибозосодержащих (в РНК) и 4 вида дезоксирибозосодержащих (в ДНК). Отдельные нуклеотиды объединяются в полинуклеотидную цепь за счет образования фосфоэфирных связей между сахаром предыдущего и остатком фосфорной кислоты последующего нуклеотида.

Вопрос 2. Какие простые органические соединения служат элементарной составной частью нуклеиновых кислот?

Мономерами нуклеиновых кислот служат нуклеотиды. *Нуклеотид* — органическое соединение, состоящее из азотистого основания (аденин, тимин, урацил, гуанин, цитозин), пятиуглеродного сахара (пентозы) — рибозы или дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты

Вопрос 3. Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете?

Существует два типа нуклеиновых кислот — *дезоксирибонуклеиновая* и *рибонуклеиновая*.

Вопрос 4. Чем различается строение молекул ДНК и РНК?

Молекула ДНК представляет собой двухцепочечный линейный нерегулярный биополимер, мономерами которого являются нуклеотиды, содержащие дезоксирибозу, аденин, гуанин, цитозин, тимин и остаток фосфорной кислоты. Цепи в молекуле ДНК антипараллельны — разнонаправлены. Цепи связаны друг с другом водородными связями, возникающими между азотистыми основаниями противоположных цепей по принципу комплементарности, т. е. взаимодополнения. При этом образуются пары: аденин — тимин, гуанин — цитозин. Двухцепочечная молекула ДНК образует спираль, которая, взаимодействуя с белками гистонами, формирует нуклеосомную нить — спираль более высокого порядка. Нуклеосомная нить, в свою очередь, образует суперспираль, при этом молекула так значительно укорачивается и утолщается, что становится видна в световой микроскоп как вытянутое тельце — хромосома.

Молекула РНК — одноцепочечный, линейный, нерегулярный биополимер, мономерами которого являются нуклеотиды, содержащие рибозу, аденин, урацил, гуанин, цитозин и остаток фосфорной кислоты. Многие виды РНК формируют участки

комплементарного соединения в пределах одной цепи, что придает им определенную пространственную конфигурацию.

Встречаются и двуцепочечные РНК, которые являются хранителями генетической информации у ряда вирусов, т. е. выполняют у них функции хромосом.

Вопрос 5. Назовите функции ДНК.

1. *Хранение наследственной информации.* Наследственная информация в молекуле ДНК заключается в последовательности нуклеотидов одной из ее цепей. Наименьшей единицей генетической информации является триплет — три последовательно расположенных в полинуклеотидной цепи нуклеотида.

Последовательность триплетов в полинуклеотидной цепи молекулы ДНК несет информацию о последовательности аминокислот в молекуле белка.

Группа последовательно расположенных триплетов, несущая информацию о структуре одной белковой молекулы, называется *геном*.

2. *Передача наследственной информации из поколения в поколение* осуществляется в результате редупликации (удвоения молекулы ДНК) с последующим распределением дочерних молекул между дочерними клетками.

3. Передача наследственной информации на информационную РНК. При этом ДНК является матрицей. На одной из цепей молекулы ДНК по принципу комплементарности синтезируется молекула информационной РНК, которая далее переносит информацию в цитоплазму.

Вопрос 6. Какие виды РНК имеются в клетке?

1. Информационная РНК. Синтезируется в ядре на одной из цепей ДНК по принципу комплементарности; в цитоплазме выполняет роль матрицы в процессе трансляции.

2. Рибосомальная РНК. Синтезируется в ядре, в зоне ядрышка; входит в состав рибосом, обеспечивающих трансляцию.

3. Транспортная РНК. Доставляет аминокислоты к месту синтеза белка. Осуществляет по принципу комплементарности распознавание триплета на информационной РНК, соответствующего переносимой аминокислоте, и точную ориентацию аминокислоты в активном центре рибосомы.

Метаболизм — основа существования живых организмов

4.1. Анаболизм

Вопрос 1. В чем заключается биологический синтез? Приведите примеры.

Биологический синтез — процесс образования биологических макромолекул, структура которых определяется последовательностью нуклеотидов в молекуле ДНК (синтез белка). Синтез небелковых биополимеров происходит так: вначале синтезируется белок — фермент, а с его помощью образуются молекулы углеводов, липидов, гормонов и витаминов.

Вопрос 2. Дайте определение ассимиляции.

Ассимиляция (анаболизм или пластический обмен) — совокупность реакций биологического синтеза, в ходе которых из простых веществ, поступающих в клетку извне, образуются вещества, подобные веществам клетки.

Вопрос 3. Что такое генетический код?

Генетический код — единая система записи наследственной информации в молекулах ДНК и РНК в виде последова-

тельности нуклеотидов в них. Несет информацию о порядке аминокислот в полипептидной цепи.

Вопрос 4. Сформулируйте основные свойства генетического кода.

1. **Специфичность.** Один и тот же триплет всегда соответствует только одной аминокислоте.

2. **Избыточность.** Существует 64 возможные комбинации четырех азотистых оснований (по 3 в триplete), а кодируют они 20 аминокислот. В результате некоторые аминокислоты кодируются несколькими триплетами, что повышает надежность передачи наследственной информации.

3. **Универсальность.** Генетический код универсален для всех живых организмов. Например, он одинаков у кишечной палочки и человека.

4. **Неперекрываемость.** Триплеты, кодирующие аминокислоты, никогда не перекрываются, а считываются и передаются всегда целиком. Невозможно использование азотистого основания одного триплетта в комбинации с азотистыми основаниями другого триплетта.

Вопрос 5. Где синтезируются рибонуклеиновые кислоты?

Информация о структуре всех видов РНК заключена в последовательности нукле-

отидов ДНК и реализуется в один этап путем комплементарного синтеза молекулы РНК на одной из цепей молекул ДНК, т. е. в результате транскрипции.

Вопрос 6. Где происходит синтез белка?

Непосредственная сборка белковой молекулы происходит в цитоплазме, на рибосомах.

Вопрос 7. Расскажите, как осуществляется синтез белка.

Процесс синтеза белка реализуется в два этапа:

Первый этап — транскрипция — перевод информации из последовательности триплетов ДНК в последовательность триплетов РНК. Осуществляется путем комплементарного синтеза информационной РНК на одной из цепей молекулы ДНК.

Второй этап — трансляция — передача информации из последовательности триплетов информационной РНК в последовательность аминокислот полипептидной цепи. Осуществляется путем подборки антикодонов транспортной РНК к кодам (триплетам) информационной РНК по принципу комплементарности. Если антикодон транспортной РНК комплементарен кодону информационной РНК, то между ними происходит соединение, и амино-

кислота включается в полипептидную цепь. Этот процесс идет в цитоплазме, на рибосомах, которые как бы нанизаны на один из концов информационной РНК и передвигаются по ней триплет за триплетом.

4.2. Энергетический обмен — катаболизм

4.3. Автотрофный тип обмена веществ

Вопрос 1. Что такое диссимиляция? Охарактеризуйте этапы диссимиляции.

Диссимиляция (катаболизм, энергетический обмен) — процесс, обратный реакциям ассимиляции. Сложные биополимеры распадаются, образуя простые вещества. При этом выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза.

Выделяют три этапа энергетического обмена.

1. *Подготовительный.* На этом этапе молекулы полисахаридов, белков, жиров распадаются на более мелкие молекулы — глюкозу, аминокислоты, жирные кислоты, глицерин. Вся выделяющаяся энергия рассеивается в виде тепла.

2. *Бескислородный (анаэробное дыхание, или гликолиз).* Этот этап неполного окисления также называют брожением. При анаэробном окислении 1 молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ. В АТФ запасается 40% выделяющейся

энергии, остальное рассеивается в виде тепла.

3. Кислородное расщепление (аэробное дыхание). На этом этапе органические соединения окисляются до конечных продуктов CO_2 и H_2O . Кислородное расщепление сопровождается выделением большого количества энергии и запасанием 60% ее в 36 молекулах АТФ.

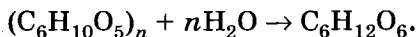
Вопрос 2. В чем заключается роль АТФ в обмене веществ в клетке?

Энергия, высвобождаемая при окислении питательных веществ в клетке, запасается в фосфатных связях молекулы АТФ. АТФ обеспечивает энергией все клеточные функции — биосинтез, деление клетки, мышечное сокращение, перенос веществ через мембрану, поддержание мембранного потенциала и проведение нервного импульса.

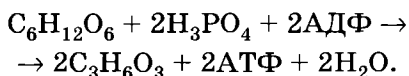
Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты.

Вопрос 3. Расскажите об энергетическом обмене в клетке на примере расщепления глюкозы.

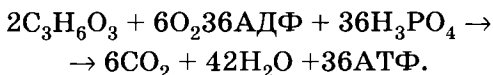
1. Подготовительный этап. Распад гликогена или крахмала на молекулы глюкозы:



2. *Анаэробное окисление.* Из одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы пировиноградной кислоты, 2 молекулы АТФ и 2 молекулы воды. Молекулы пировиноградной кислоты впоследствии восстанавливаются в молочную кислоту:



3. *Кислородное окисление.* Образовавшиеся молекулы молочной кислоты в присутствии кислорода окисляются до углекислого газа и воды с образованием 36 молекул АТФ:



Вопрос 4. Какие типы питания организмов вам известны?

По типу питания все организмы делятся на автотрофных и гетеротрофных.

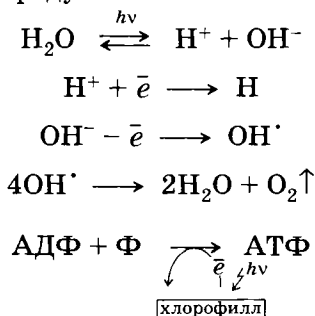
Вопрос 5. Какие организмы называются автотрофными?

Автотрофы — организмы, живущие за счет неорганического источника углерода — углекислого газа, использующие для осуществления процессов синтеза энергию солнечного света — *фототрофы* или энергию химических связей — *хемотрофы*.

Вопрос 6. Охарактеризуйте световую и темновую фазы фотосинтеза.

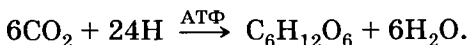
Фотосинтез — процесс образования органических соединений из неорганических за счет энергии солнечного света. Выделяют световую и темновую фазы фотосинтеза.

Световая фаза фотосинтеза. Происходит поглощение квантов света хлорофиллами и фотолиз (разложение) воды. В результате образуются молекулы АТФ, атомарный водород H^{\cdot} , которые используются далее в темновой фазе для синтеза глюкозы, и молекулярный кислород (как побочный продукт), выделяемый в окружающую среду:



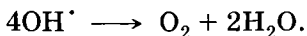
Темновая фаза фотосинтеза. Происходит образование глюкозы из углекислого газа, поглощаемого извне, водорода H^{\cdot} , полученного в ходе световой фазы,

с затратой энергии АТФ, синтезированной также в световую фазу:



Вопрос 7. Почему в результате фотосинтеза у зеленых растений в атмосферу выделяется свободный кислород?

В ходе реакций световой фазы фотосинтеза под действием квантов света и при взаимодействии с хлорофиллом происходит разложение (фотолиз) воды на атомарный водород и свободные радикалы OH^\cdot . Последние взаимодействуют между собой, образуя свободный кислород и воду:



Так как кислород не включается в дальнейший каскад реакций фотосинтеза, он выделяется во внешнюю среду.

Вопрос 8. Что такое хемосинтез?

Хемосинтез — процесс синтеза органических соединений с использованием углерода из углекислого газа за счет энергии химических связей неорганических веществ.

Вопрос 9. Какие организмы называются гетеротрофными? Приведите примеры.

Гетеротрофы — организмы, использующие органический источник углерода. К ним относятся все животные, грибы, большинство бактерий.

Глава 5

Строение и функции клеток

5.1. Прокариотическая клетка

Вопрос 1. Что такое органоиды клетки?

Органоиды — это постоянно присутствующие в цитоплазме, специализированные для выполнения определенных функций структуры.

По принципу строения органоиды разделяют на мембранные — наружная мембрана, эндоплазматическая сеть, митохондрии, пластиды, лизосомы, аппарат Гольджи и немембранные — реснички, жгутики, центриоли.

Вопрос 2. На чем основано деление всех организмов на две группы — прокариот и эукариот?

Основным признаком, позволяющим разделить организмы на эти две группы, является наличие или отсутствие оформленного ядра.

У прокариот ядро отсутствует, и генетический материал, представленный кольце-

видной молекулой ДНК, свободно лежит в цитоплазме.

У эукариот ядро имеется, и генетический материал окружен двойной ядерной мембраной. Основные различия этих групп организмов представлены в таблице на с. 6—7.

Вопрос 3. Какие организмы относятся к прокариотам?

Вопрос 4. Опишите строение бактериальной клетки.

К прокариотам относятся бактерии и цианеи (сине-зеленые водоросли).

Строение бактериальной клетки значительно проще организации клетки эукариотической. Большинство бактерий имеют клеточную стенку из мууреина (кроме микоплазм), под которой лежит плазматическая мембрана. Особые выросты плазмолеммы бактерий — мезосомы — представляют собой примитивные органеллы, участвующие в процессах клеточного дыхания. У фотосинтезирующих бактерий в складках и впячиваниях плазматической мембраны находятся фотосинтетические пигменты, на которых идут процессы фотосинтеза. Бактериальная клетка лишена эндоплазматической сети, рибосомы свободно лежат в цитоплазме. Генетический материал не организован в виде ядра,

а представлен свободно расположенной в цитоплазме кольцевой молекулой ДНК.

По своей форме бактериальные клетки могут быть шаровидными — кокки, вытянутыми — палочки, или бациллы, и извитыми — спириллы.

Вопрос 5. Как размножаются бактерии?

Бактериальные клетки размножаются делением надвое. После удвоения кольцевой хромосомы и удлинения клетки постепенно образуется поперечная перегородка. Затем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в характерные группы — цепочки, пакеты. Иногда размножению у бактерий предшествует половой процесс — конъюгация, цель которого заключается в образовании новых комбинаций генов в бактериальной хромосоме. В ходе конъюгации бактерия-донор отдает часть своего генетического материала бактерии-реципиенту. После этого клетка-донор погибает, а клетка-реципиент делится надвое.

Вопрос 6. В чем сущность процесса спорообразования у бактерий?

В неблагоприятных условиях среды многие прокариоты образуют споры. Спорообразование выражается в выделении небольшого участка цитоплазмы, содержа-

щего кольцевидную хромосому, и окружении его толстой многослойной капсулой. Метаболизм внутри споры практически прекращается, спора обызвествляется. В сухом состоянии споры могут сохранять свою жизнеспособность сотни и тысячи лет. Попадая в благоприятные условия, спора «прорастает» и дает начало полноценной активной прокариотической клетке.

5.2. Эукариотическая клетка

5.2.1. Цитоплазма

Вопрос 1. Какими основными чертами строения характеризуется эукариотическая клетка?

Основной чертой эукариотической клетки является то, что ее генетический материал окружен оболочкой, состоящей из двух мембран, т. е. наличием ядра. Эукариотической клетке присущи внутренние мембраны и цитоскелет, образованный системой микротрубочек и белковых волокон. Помимо этого, клетки эукариот имеют ряд принципиальных отличий от клеток прокариот (см. таблицу на с. 6—7).

Вопрос 2. Какие структуры клетки называют включениями? Приведите примеры.

Включениями называют непостоянные структуры цитоплазмы, которые, в отличие от органоидов, то возникают, то

исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Чаще всего они выполняют роль резерва питательных веществ или являются продуктами жизнедеятельности структур клетки. Плотные включения называют гранулами (зерна крахмала или гликогена). Бывают и жидкие включения (капли жира).

Вопрос 3. Что лежит в основе структурной организации клетки?

Клетке присущ мембранный принцип строения. Это означает, что клетка состоит в основном из мембран, имеющих сходное строение, представленное бимолекулярным слоем фосфолипидов, в который на разную глубину с обеих сторон погружены разнообразные белковые молекулы.

Вопрос 4. Как устроены мембраны клетки?

Биологическая мембрана представляет собой бимолекулярный слой фосфолипидов, в который на разную глубину с наружной и внутренней стороны погружены разнообразные белковые молекулы. Толщина такой мембраны около 7,5 нм. Некоторые молекулы белка пронизывают мембрану насквозь, образуя каналы — поры мембраны. Все клеточные мембраны имеют единый план строения и отличаются друг от друга только по составу входя-

щих в них белков — ферментов, рецепторов и др.

Вопрос 5. Какие функции выполняет наружная цитоплазматическая мембрана?

1. *Барьерная.* Наружная цитоплазматическая мембрана отделяет содержимое клетки от окружающей среды.

2. *Транспортная.* Через клеточную мембрану идет активный и пассивный перенос веществ в клетку и из нее.

3. *Структурная.* Наружная клеточная мембрана в многоклеточном организме обеспечивает контакт между лежащими рядом клетками. Является неотъемлемой и организующей частью всех клеток.

4. *Рецепторная.* На наружной поверхности мембраны расположены рецепторы гликопротеидной природы.

Вопрос 6. Какими путями осуществляется обмен веществ между клеткой и окружающей средой? Что такое пиноцитоз? Что такое фагоцитоз?

Перенос веществ через полупроницаемую клеточную мембрану может осуществляться как за счет пассивного, так и за счет активного транспорта. Пассивный транспорт представляет собой простую диффузию, проходящую по градиенту концентрации; идет без затрат энергии. Таким образом, в клетку могут попадать веществ-

ва с очень незначительной молекулярной массой. Это молекулы воды, отдельные катионы и анионы. Активный транспорт идет с затратой энергии и происходит посредством проникновения молекул и ионов через белковые поры клеточной мембраны. Например, катионы Na^+ и K^+ . Помимо этих путей крупные частицы могут поглощаться клеткой путем фаго- и пиноцитоза. В клеточной мембране образуется выпячивание, края которого смыкаются, захватывая жидкость в случае *пиноцитоза*, или твердую частицу при *фагоцитозе*. Оба этих процесса также идут с затратами энергии.

Вопрос 7. Перечислите органоиды клетки и укажите их функции.

Органоиды — постоянно присутствующие в цитоплазме, специализированные для выполнения определенных функций структуры. По принципу организации выделяют мембранные и немембранные органоиды клетки.

Мембранные органоиды клетки

1. *Эндоплазматическая сеть (ЭПС)* — система внутренних мембран цитоплазмы, образующих крупные полости — цистерны и многочисленные каналы; занимает центральное положение в клетке, вокруг ядра. ЭПС составляет до 50% объема

цитоплазмы. Каналы ЭПС связывают все органоиды цитоплазмы и открываются в перинуклеарное пространство ядерной оболочки. Таким образом, ЭПС представляет собой внутриклеточную циркуляционную систему.

Различают два вида мембран эндоплазматической сети — гладкую и шероховатую (гранулярную). Однако необходимо понимать, что они являются частью одной непрерывной эндоплазматической сети. На гранулярных мембранах расположены рибосомы, здесь идет синтез белка. На гладких мембранах упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в синтезе жиров и углеводов.

2. Аппарат Гольджи представляет собой систему цистерн, канальцев и пузырьков, образованных гладкими мембранами. Эта структура расположена на периферии клетки по отношению к ЭПС. На мембранах аппарата Гольджи упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в образовании более сложных органических соединений из белков, жиров и углеводов, синтезированных в ЭПС. Здесь происходит сборка мембран, образование лизосом. Мембраны аппарата Гольджи обеспечивают накопление, концентрацию и упаковку секрета, выделяемого из клетки.

3. **Лизосомы** — мембранные органоиды, содержащие до 40 протеолитических ферментов, способных расщеплять органические молекулы. Лизосомы участвуют в процессах внутриклеточного пищеварения и *апоптоза* (запрограммированной гибели клетки).

4. **Митохондрии** — энергетические станции клетки. Двухмембранные органоиды, имеющие гладкую наружную и внутреннюю мембрану, образующую кристы — гребни. На внутренней поверхности внутренней мембраны упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в синтезе АТФ. В митохондриях находится кольцевая молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот. Имеется много мелких рибосом, на которых идет частично независимый от ядра синтез белков. Однако генов, заключенных в кольцевидной молекуле ДНК, недостаточно для обеспечения всех аспектов жизнедеятельности митохондрий, и они являются полуавтономными структурами цитоплазмы. Увеличение их числа происходит за счет деления, чему предшествует удвоение кольцевой молекулы ДНК.

5. **Пластиды** — органоиды, характерные для растительных клеток.

Существуют *лейкопласты* — бесцветные пластиды, *хромопласты*, имеющие

красно-оранжевую окраску, и *хлоропласты* — зеленые пластиды. Все они обладают единым планом строения и образованы двумя мембранами: наружной (гладкой) и внутренней, образующей перегородки — тилакоиды стромы. На тилакоидах стромы расположены граны, состоящие из уплощенных мембранных пузырьков — тилакоидов граны, уложенных один на другой по типу монетных столбиков. Внутри тилакоидов граны находится хлорофилл. Световая фаза фотосинтеза проходит именно здесь — в гранах, а реакции темновой фазы — в строме. В пластидах имеется кольцевидная молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот, и много мелких рибосом, на которых идет частично независимый от ядра синтез белков. Пластиды могут переходить из одного вида в другой (хлоропласты в хромопласты и лейкопласты), они являются полуавтономными органоидами клетки. Увеличение числа пластид идет за счет их деления надвое и почкования, которым предшествует репликация кольцевой молекулы ДНК.

Немембранные органоиды клетки

1. *Рибосомы* — округлые образования из двух субъединиц, состоящие на 50% из РНК и 50% из белков. Субъединицы образуются в ядре, в ядрышке, а в цитоплазме в присутствии ионов Ca^{2+} объединяются в

целостные структуры. В цитоплазме рибосомы расположены на мембранах эндоплазматической сети (гранулярная ЭПС) или свободно. В активном центре рибосом происходит процесс трансляции (подбор антикодонов тРНК к кодонам иРНК). Рибосомы, перемещаясь по молекуле иРНК с одного конца на другой, последовательно делают доступными кодоны иРНК для контакта с антикодонами тРНК.

2. Центриоли (клеточный центр) представляют собой цилиндрические тельца, стенкой которых являются 9 триад белковых микротрубочек. В клеточном центре центриоли расположены под прямым углом друг к другу. Они способны к самовоспроизведению по принципу самосборки. *Самосборка* — образование при помощи ферментов структур, подобных существующим. Центриоли принимают участие в образовании нитей веретена деления. Обеспечивают процесс расхождения хромосом во время деления клеток.

3. Жгутики и реснички — органеллы движения; они имеют единый план строения — наружная часть жгутика обращена в окружающую среду и покрыта участком цитоплазматической мембраны. Они представляют собой цилиндр: его стенкой являются 9 пар белковых микротрубочек, а в центре расположены две осе-

вые микротрубочки. В основании жгутика, расположенного в *эктоплазме* — цитоплазме, лежащей непосредственно под клеточной мембраной, к каждой паре микротрубочек добавляется еще одна короткая микротрубочка. В результате образуется базальное тельце, состоящее из девяти триад микротрубочек.

4. **Цитоскелет** представлен системой белковых волокон и микротрубочек. Обеспечивает поддержание и изменение формы тела клетки, образование псевдоподий. Отвечает за амебоидное движение, образует внутренний каркас клетки, обеспечивает передвижение клеточных структур по цитоплазме.

Вопрос 8. В чем различие между гладкими и шероховатыми мембранами эндоплазматической сети?

Эндоплазматическая сеть представляет собой внутриклеточную циркуляционную систему. Различают два вида мембран эндоплазматической сети — гладкую и шероховатую (гранулярную). Однако необходимо понимать, что все они являются частью одной непрерывной эндоплазматической сети. *На шероховатых мембранах* расположены рибосомы. Здесь идет синтез белка. *На гладких мембранах*

упорядоченно расположены ферментные системы, участвующие в синтезе жиров и углеводов.

Вопрос 9. Какие органоиды клетки содержат ДНК и способны к самовоспроизведению?

Полуавтономными органоидами клетки, содержащими ДНК и способными к самовоспроизведению, являются митохондрии и пластиды (см. вопрос 7, п. 4, 5).

5.2.2. Клеточное ядро

Вопрос 1. Опишите строение ядра эукариотической клетки.

Ядро — важнейшая составная часть клетки; выполняет функции хранения и воспроизведения генетической информации, регулирует процессы обмена веществ в клетке. Ядро окружено ядерной оболочкой, которая состоит из двух мембран, имеющих типичное строение. Содержимое ядра подразделяют на ядерный сок, хроматин и ядрышко. *Ядерная оболочка* имеет две мембраны — наружную грануляционную и внутреннюю гладкую и является частью внутренней мембранной сети клетки. В перинуклеарное пространство — пространство между двумя мембранами ядерной оболочки, грануляционной и гладкой, — открываются каналы

ЭПС. Ядерная оболочка имеет поры диаметром до 80 нм, которые способны к избирательной проницаемости. Транспорт веществ через ядерную оболочку осуществляется по каналам ЭПС, через поры ядерной оболочки, путем образования вакуоли и отщуривания ядерной оболочки.

При развитии клетки ядерная оболочка образуется после завершения деления хромосом.

Кариоплазма — жидкая фаза ядра, в которой в растворенном виде находятся продукты жизнедеятельности ядерных структур: все виды РНК, рибосомальные белки, нуклеотиды, ферменты ядра, ионы.

О ядрышке и хроматине см. вопросы 2 и 4 соответственно.

Вопрос 2. Что такое ядрышко?

Ядрышко — участок ядра, несущий наследственную информацию о структуре рибосомальной РНК и скопление рибосомальной РНК и рибосом на разных этапах формирования.

Вопрос 3. Как осуществляется обмен веществ между ядром и цитоплазмой?

Обмен веществ осуществляется через ядерную оболочку:

- 1) по каналам ЭПС;
- 2) через поры ядерной оболочки;

3) путем отшнуровывания выпячиваний и выростов ядерной оболочки.

Ядерная оболочка образуется после завершения деления хромосом в телофазе из прилегающих мембран ЭПС.

Вопрос 4. Что такое хроматин?

Хроматин — наследственный материал клетки. Хроматин, видимый в микроскоп как глыбки и гранулы, представляет собой в разной степени спирализованные участки хромосом и называется *гетерохроматином*. Гетерохроматин в генетическом плане не активен. Генетически активный хроматин полностью деспирализован и не виден даже в электронный микроскоп. Генетически активный хроматин называют *эухроматином*.

Вопрос 5. Как устроены и из чего состоят хромосомы?

В делящейся клетке наследственный материал компактно упакован. Вследствие спирализации ДНК во время деления клетки наследственный материал становится виден в световой микроскоп как палочковидные тела — *хромосомы*.

Хромосомы имеют плечи и первичную перетяжку — *центромеру*. До удвоения ДНК хромосома образована одной молеку-

лой ДНК, а после редупликации включает две молекулы ДНК — *хроматиды*, связанные в области центромеры. Форма хромосом зависит от первичной перетяжки, к области которой во время деления клетки прикрепляются нити веретена деления. Центромера делит хромосому на 2 плеча. Выделяют 3 основных типа хромосом:

1) равноплечие — с плечами равной или почти равной длины;

2) неравноплечие — с плечами разной длины;

3) палочковидные — с одним длинным, а другим очень коротким плечом.

Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку — участок меньшей спирализации хромосомного материала, соответствующий положению в ней ядрышкового организма.

Вопрос 6. Как соотносится число хромосом в соматических и половых клетках?

В соматических клетках каждая хромосома имеет пару и такой хромосомный набор называется двойным или *диплоидным*.

Половые клетки всегда содержат вдвое меньше хромосом, чем соматические клетки данного вида организма (*гаплоидный набор*). При слиянии двух половых клеток

происходит восстановление двойного набора хромосом, присущее данному виду.

Вопрос 7. Какие хромосомы называются гомологичными?

Хромосомы, одинаковые по форме и размеру и несущие одинаковые гены, называются *гомологичными*. Одна из таких хромосом достается организму от отца, другая — от матери.

Вопрос 8. Что такое кариотип? Дайте определение.

Совокупность качественных и количественных признаков хромосомного набора в соматической клетке называется *кариотипом*. Кариотип является видовым признаком, одинаковым у всех представителей данного вида. Например, у человека 46 хромосом, у дрозофилы — 8 и т. д.

Вопрос 9. Какой хромосомный набор называют гаплоидным? диплоидным?

Присущий соматической клетке хромосомный набор, в котором каждая хромосома имеет себе пару, носит название двойного или *диплоидного* и обозначается как $2n$. Количество ДНК, соответствующее двойному набору хромосом, обозначают как $2c$. Так как из каждой пары гомологичных хромосом в половые клетки попадает только одна, то хромосомный

набор половых клеток называют *гаплоидным*, т. е. одинарным и обозначают как $1n1c$.

Вопрос 10. Вспомните строение хромосомы бактерий и сформулируйте ее отличия от хромосомы эукариот.

Хромосома прокариотической клетки имеет кольцевое строение, свободно расположена в цитоплазме и не отграничена ядерной оболочкой. Она одна, не имеет ядрышка, центромеры, вторичной перетяжки и вследствие этого характерных морфологических типов строения, свойственных хромосомам эукариотической клетки.

5.3. Деление клеток

Вопрос 1. Что такое жизненный цикл клетки?

Жизненным циклом клетки называется совокупность событий от момента ее возникновения до гибели или последующего деления.

Вопрос 2. Дайте определение митотического цикла клетки.

Митотический цикл — совокупность процессов, протекающих в клетке во время подготовки ее к делению и на протяжении митоза. Он включает в себя интерфазу и митоз.

Интерфаза — период подготовки клетки к делению, включает три этапа.

1. Пресинтетический, или постмитотический (G_1). Продолжительность — 6—8 часов, формула клетки $2n2c$. Идет активный синтез РНК, белков, необходимых для процесса редупликации ДНК. Клетка увеличивается в размерах, возрастает количество органоидов.

2. Синтетический — S-период. Продолжительность — 8—12 часов. Идет редупликация ДНК; этот процесс начинается сразу во многих точках, в каждой из хромосом. К концу периода количество ДНК в каждой из хромосом удваивается. Формула клетки $2n4c$.

3. Постсинтетический, или премитотический (G_2) период. Продолжительность — 4—6 часов. Идет интенсивный синтез РНК и белков, необходимых для обеспечения процессов митоза. Завершается рост клетки, удваивается клеточный центр.

Митоз — не прямое деление клетки, состоит из четырех фаз — профазы, анафазы, метафазы и телофазы.

Вопрос 3. Расскажите, как осуществляется синтез ДНК.

Молекула ДНК полностью раскручивается — деспирализуется, водородные связи, соединяющие комплементарно связанные полинуклеотидные цепи, разрываются.

ся, и каждая из них становится матрицей для синтеза новых цепей.

В процессе синтеза ДНК принимает участие целая группа ферментов. Одним из важнейших является ДНК-полимераза. Удвоение ДНК происходит по принципу комплементарности и осуществляется с очень высокой точностью — новые молекулы абсолютно идентичны старой, и каждая из них состоит из одной старой и второй вновь синтезированной полинуклеотидных цепей. Без этого были бы невозможны сохранение и передача генетической информации по наследству, которая обеспечивает развитие присущих организму признаков. Возникшие под воздействием внешних факторов изменения структуры молекулы ДНК устраняются при помощи специальных ферментов. Таким образом, постоянство наследственной информации обеспечивается матричным синтезом ДНК и восстановлением поврежденных участков молекулы посредством ферментов. В результате удвоения ДНК в ходе процессов митотического цикла в каждой хромосоме оказывается вдвое больше молекул ДНК, чем было, а число хромосом не меняется. Формула клетки становится $2n4c$.

Вопрос 4. Опишите митоз.

Митоз — непрямоe деление клетки, в результате которого образуются две до-

черные клетки с таким же набором хромосом, как в материнской. Митоз состоит из четырех фаз — профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

1. **Профаза.** Формула клетки $2n4c$. Идет спирализация ДНК, хромосомы становятся видны как длинные тонкие нити. Клеточный центр заканчивает деление, и группы по две центриоли начинают движение к полюсам клетки, между ними формируется веретено деления. Спирализация хромосом усиливается, они укорачиваются и утолщаются. Ядерная оболочка распадается на фрагменты. Хромосомы свободно лежат в цитоплазме.

2. **Метафаза.** Формула клетки $2n4c$. Спирализация хромосом достигает максимума — они укорочены и утолщены. В микроскоп становится видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных в области центромеры. Хромосомы выстраиваются по экватору клетки. В плоскости экватора лежат центромеры хромосом, к ним прикрепляются нити веретена деления, которые, будучи связанными с хромосомами, называются хромосомными, а не связанными с хромосомами — непрерывными.

3. **Анафаза.** Центромерные участки делятся, и сестринские хроматиды становятся самостоятельными дочерними хро-

мосомами. Они начинают движение к различным полюсам клетки. Формула клетки: $2n2c + 2n2c = 4n4c$. Движение хромосом к полюсам обеспечивается: а) за счет скольжения хромосомной нити по непрерывной нити как по направляющей; б) подтягиванием хромосомной нити ферментами клеточного центра с одновременным отщеплением от нее фрагментов.

4. **Телофаза.** Группы дочерних хромосом достигают полюсов клетки и деспирализуются. Они становятся видны как длинные тонкие нити. Вокруг каждой из групп хромосом, из мембран ЭПС, образуется ядерная оболочка. Формула каждого ядра $2n2c$. На фоне завершения деления ядра происходит разделение цитоплазмы, в результате чего органоиды примерно поровну распределяются между дочерними клетками.

Вопрос 5. Дайте определение митоза и сформулируйте его биологическое значение.

Митоз — форма клеточного деления, которая заключается в точном и равномерном распределении хромосомного материала между дочерними клетками, в результате чего каждая из них получает наследственную информацию, идентичную материнской.

Биологическое значение митоза

1. Лежит в основе всех форм бесполого размножения.

2. Обеспечивает рост многоклеточного организма.

3. Обеспечивает физиологическую регенерацию, т. е. восполнение клеточных потерь, возникших естественным путем, — замена старых клеток новыми.

4. Осуществляет процессы репаративной регенерации — восполнение клеточных потерь, возникших в результате травмы.

Вопрос 6. В чем заключается биологический смысл митоза?

Биологический смысл митоза заключается в точном и равномерном распределении хромосомного материала между двумя дочерними клетками, при котором каждая из них получает наследственную информацию, идентичную материнской.

5.4. Особенности строения растительной клетки

Вопрос 1. Каково строение различных видов пластид? Приведите примеры взаимного превращения пластид.

Пластиды — органоиды, характерные для растительных клеток.

Существуют *лейкопласты* — бесцветные пластиды, *хромопласты*, имеющие красно-оранжевую окраску, и *хлоропласты* — зеленые пластиды. Все они имеют единый план строения и образованы двумя мембранами: наружной (гладкой) и внутренней, образующей перегородки — тилакоиды стромы. На тилакоидах стромы расположены граны, состоящие из уплощенных мембранных пузырьков — тилакоидов граны. Они уложены один на другой по типу монетных столбиков. Внутри этих пузырьков находится хлорофилл. Световая фаза фотосинтеза проходит в тилакоидах гран, а темновая — в строме. В пластидах имеется кольцевая молекула ДНК, сходная по строению с хромосомой прокариот; много мелких рибосом, на которых идет частично независимый от ядра синтез белков. Пластиды могут переходить из одного вида в другой: хлоропласты осенью превращаются в хромопласты, а те, в свою очередь, могут становиться лейкопластами. Увеличение числа пластид идет за счет их деления надвое и почкования, которым предшествует редупликация кольцевой молекулы ДНК. По своему строению пластиды отличаются друг от друга наличием различных видов пигментов. Так лейкопласты вообще лишены пигментов и отвечают за синтез крахмала и запасание питательных веществ. Хлоропласт-

ты содержат зеленый пигмент хлорофилл. В них идут процессы фотосинтеза. Хромопласты содержат пигменты каротиноиды желто-оранжевого цвета.

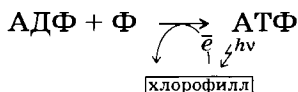
Вопрос 2. В каких отделах хлоропласта осуществляется световая фаза фотосинтеза? темновая фаза фотосинтеза?

Световая фаза фотосинтеза идет в тилакоидах гран, а темновая — в строме.

Вопрос 3. Опишите реакции фотосинтеза и процесс аккумуляции энергии в виде АТФ в световой фазе.

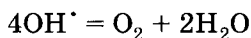
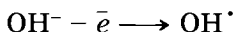
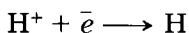
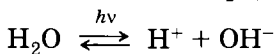
Фотосинтез — процесс образования органических соединений из неорганических за счет энергии солнечного света. Выделяют световую и темновую фазы фотосинтеза.

В ходе световых реакций фотосинтеза энергия света аккумулируется в макроэргических связях молекул АТФ и затем используется на процесс синтеза глюкозы в темновой фазе:



Кроме того, под действием квантов света и при взаимодействии с хлорофиллом происходит разложение (фотолиз) воды.

В результате получается атомарный водород Н и свободные радикалы OH^\cdot . Радикалы OH^\cdot взаимодействуют между собой, образуя свободный кислород и воду:



Так как кислород не включается в дальнейший каскад реакций фотосинтеза, он выделяется во внешнюю среду.

(В темновую фазу фотосинтеза происходит образование глюкозы из углекислого газа и водорода Н с затратой энергии АТФ.)

5.5. Клеточная теория строения организмов

Вопрос 1. Расскажите историю открытия клетки.

Вопрос 2. Кем и когда впервые была сформулирована клеточная теория?

Вопрос 3. Изложите основные положения клеточной теории.

Клетка была открыта в XVII в. английским физиком Р. Гуком. Рассматривая под микроскопом срез пробки, он обнаружил, что она состоит из ячеек, и назвал

их клетками. В XIX в. была открыта цитоплазма, а в 1831 г. английский ботаник Р. Броун впервые обнаружил в растительной клетке ядро. Немецкий ботаник М. Шлейден доказал, что ядра присущи любой растительной клетке. В конце 30-х гг. XIX в. немецкий физиолог Т. Шванн обнаружил, что, хотя сами клетки различных организмов очень разнообразны, ядра всех клеток сходны.

В 1839 г. Т. Шванном была сформулирована и опубликована клеточная теория.

Основные положения современной клеточной теории

1. Клетка является структурно-функциональной единицей, а так же единицей развития всех живых организмов.

2. Клетке присущ мембранный принцип строения.

3. Ядро — главная составная часть клетки.

4. Клетки размножаются только делением.

5. Клеточное строение организмов — свидетельство того, что растения и животные имеют единое происхождение.

Вопрос 4. В чем заключается значение клеточной теории для биологии?

Клеточная теория является свидетельством единого происхождения всех форм

биологической жизни и позволяет подходить к их изучению как к дискретным системам. Она сыграла огромную роль в развитии биологии. Исчезла казавшаяся непроходимой пропасть между царством растений и царством животных. Провозглашая единство живого мира, клеточная теория послужила одной из предпосылок возникновения теории эволюции Ч. Дарвина.

В дальнейшем клеточная теория была развита многими учеными. Немецкий врач Р. Вирхов (1858) доказал, что вне клеток нет жизни, что главная составная часть клетки — ядро и что клетки образуются только от клеток путем их деления. Дальнейшее совершенствование микроскопической техники, создание электронного микроскопа и методы молекулярной биологии позволили глубже проникнуть в изучение клетки, познать ее сложную структуру и многообразие протекающих в ней биохимических процессов.

5.6. Неклеточные формы жизни. Вирусы

Вопрос 1. Как устроены вирусы?

Вопрос 2. Чем отличаются простые вирусы от сложных?

Простые вирусы представляют собой нуклеопротеиды, т. е. состоят из одной

нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и нескольких белков, образующих оболочку вокруг нуклеиновой кислоты. Белковая оболочка вируса называется капсидом. Примером такого вируса может служить вирус табачной мозаики. Его капсид содержит один белок с низкой молекулярной массой.

Сложноорганизованные вирусы имеют дополнительную оболочку — белковую или липопротеиновую. Иногда в наружных оболочках сложных вирусов помимо белка содержатся углеводы, например у вирусов герпеса и гриппа. Их наружная оболочка является фрагментом цитоплазматической мембраны клетки хозяина.

Вопрос 3. Каков принцип взаимодействия вируса и клетки?

Вопрос 4. Как вирус проникает в клетку?

Вирусы являются внутриклеточными паразитами. Проникновение вирусов в клетку основано на рецепторных механизмах взаимодействия.

Участок поверхности клеточной мембраны, к которому прикрепляется вирус, погружается в цитоплазму и превращается в вакуоль, которая может сливаться с ядерной мембраной.

Инфекционный процесс начинается, когда проникшие в клетку вирусы начинают размножаться, т. е. происходит редупликация вирусного генома и самосборка капсида. После синтеза новой молекулы нуклеиновой кислоты вируса она одевается синтезированными в цитоплазме клетки хозяина вирусными белками — образуется капсид.

Выход вирусных частиц в окружающую среду может сопровождаться разрушением клетки.

Вопрос 5. Укажите особенности взаимодействия бактериофага с бактериальной клеткой.

Проникновение бактериофагов в бактериальную клетку имеет некоторые особенности, так как бактериальные клетки имеют толстую клеточную стенку, вирус не может проникнуть в цитоплазму путем впячивания мембраны. Поэтому бактериофаг вводит полый стержень в клетку и через него выталкивает нуклеиновую кислоту в цитоплазму. Геном бактериофага попадает в клетку, а капсид остается снаружи. В цитоплазме бактериальной клетки идет редупликация генома бактериофага и синтез капсида. Через некоторое время бактериальная клетка погибает и зрелые вирусные частицы выходят в окружающую среду.

Вопрос 6. В чем проявляется действие вирусов на клетку?

Воздействие вирусов на клетку проявляется в паразитизме на генетическом уровне. Вирусный геном может встраиваться в геном клетки хозяина, он запускает механизмы синтеза вирусных белков на структурах клетки, что приводит к угнетению процессов жизнедеятельности самой клетки и зачастую к ее гибели.

Размножение и развитие организмов

Глава 6

Размножение организмов

6.1. Бесполое размножение

Вопрос 1. У каких организмов встречается бесполое размножение?

При бесполом размножении новый организм может возникнуть из одной или нескольких неполовых (соматических) клеток материнской особи. (См. также 1.2, вопрос 1, п. 4.)

Прокариотические клетки размножаются делением надвое. Многие простейшие (амеба, эвглена зеленая и др.), одноклеточные водоросли (хламидомонада) размножаются путем обычного митотического деления клетки. Другим одноклеточным — некоторым низшим грибам, водорослям (хлорелла), животным (малярийный плазмодий) — свойственно спорообразование. Оно заключается в том, что клетка распа-

дается на большое число особей, равное количеству ядер, заранее образованных в родительской клетке в результате многократного деления ее ядра. У многоклеточных организмов также широко распространено бесполое размножение. Так, мхи, высшие грибы, многоклеточные водоросли, папоротникообразные способны к спорообразованию. Высшие растения (тополь, земляника, картофель и др.) хорошо размножаются вегетативными органами. Некоторым многоклеточным животным свойственно почкование (пресноводная гидра) и другие способы размножения. Таким образом, бесполое размножение встречается, как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов, представителей всех видов царств.

Вопрос 2. Какие формы бесполого размножения вам известны? Приведите примеры.

1. Простое митотическое деление. Многие одноклеточные — простейшие (амебы, эвглена зеленая и др.) и водоросли (хламидомонада) — размножаются простым делением надвое.

2. Спорообразование. Такое размножение заключается в том, что клетка распадается на большое число особей, равное количеству ядер, заранее образованных в родительской клетке в результате много-

кратного митотического деления ядра. Спорообразование свойственно многоклеточным водорослям, высшим грибам, низшим растениям, некоторым одноклеточным животным (малярийный плазмодий).

3. *Почкование*. На материнской клетке образуется небольшой бугорок, содержащий ядро, — почка. Она растет и, достигая материнских размеров, отделяется. Так размножаются дрожжи и сосущие инфузории. У многоклеточных организмов (пресноводная гидра) почкование заключается в выделении группы клеток из обеих слоев стенки тела.

4. *Вегетативное размножение*. Оно осуществляется за счет развития полноценного нового организма из части материнского организма, например из листа (фиалка), из клубня (картофель), из части побега — черенка (тополь).

Вопрос 3. Почему при бесполом размножении потомки генетически сходны между собой и родительской особью?

В основе всех форм бесполого размножения лежит митоз. В интерфазе происходит абсолютно точное удвоение генетического материала, в результате которого при делении каждая из дочерних клеток получает наследственную информацию, сходную с таковой у материнской клетки.

Поскольку все соматические клетки в организме возникают путем митоза, а именно из них возникает новый организм при бесполом размножении, то все потомки при бесполом размножении являются генетически сходными.

6.2. Половое размножение

Вопрос 1. Какие периоды выделяют в развитии половых клеток?

Вопрос 2. Расскажите, как протекает период созревания (мейоз).

В процессе гаметогенеза (образования половых клеток) выделяют четыре этапа.

1. *Период размножения* характеризуется митотическим делением первичных половых клеток; при этом увеличивается их количество.

2. *Период роста* заключается в увеличении размеров клетки. В конце периода в интерфазе I происходит редупликация ДНК. Формула клетки становится $2n4c$.

3. *Период созревания (мейоз)*. Во время мейоза клетки делятся дважды.

В результате I мейотического (редукционного) деления в дочерних клетках происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в 2 раза.

Профаза I. Формула клетки $2n4c$. Идет спирализация ДНК. Хромосомы укорачиваются и утолщаются, становятся видны как длинные тонкие нити. Происходит конъюгация гомологичных хромосом. *Конъюгацией* называется процесс точного и тесного сближения гомологичных хромосом, при котором каждая точка одной хромосомы совмещается с соответствующей точкой другой гомологичной хромосомы. *Гомологичные* — это парные хромосомы, одинаковые по строению, содержащие в одних и тех же локусах аллельные гены, отвечающие за одни и те же признаки. Хромосомы удерживаются друг около друга за счет образования соединения, напоминающего застежку молнию. Соединение образовано белковыми нитями с утолщением на свободных концах. В результате конъюгации образуется *бивалент* (тетрада), состоящий из четырех хроматид. В дальнейшем между гомологичными хромосомами может произойти *кроссинговер* — обмен гомологичными участками. Вероятность кроссинговера для каждой хромосомы равна 50%. При этом участками обмениваются две рядом лежащие, не сестринские хроматиды. В результате кроссинговера каждая хромосома оказывается состоящей из одной хроматиды с неизменным набором

генов и второй — с перекомбинированными генами (в составе бивалента все хроматиды разные). Спирализация хромосом усиливается, между ними возникают силы отталкивания. Они остаются связанными в местах кроссинговера, где образуются *хиазмы* (перекрест). По мере усиления спирализации и силы отталкивания хиазмы смещаются к концам плеч хромосом, где образуются терминальные (конечные) хиазмы.

М е т а ф а з а I. Спирализация хромосом достигает максимума. Биваленты выстраиваются по экватору клетки. В плоскости экватора лежат участки терминальных хиазм, а центромеры гомологичных хромосом обращены к разным полюсам клетки, к ним прикрепляется веретено деления.

А н а ф а з а I. Участки терминальных хиазм разрываются, и гомологичные хромосомы из бивалента начинают движение к разным полюсам клетки.

В результате I мейотического деления в каждой дочерней клетке оказывается одна хромосома из каждой пары. Образуются гаплоидные клетки с формулой $1n2c$.

И н т е р ф а з а II — короткая, редупликации ДНК не происходит. Идет репаративный синтез ДНК, направленный на

восстановление возможных нарушений структуры ДНК, возникших в процессе кроссинговера.

II мейотическое деление — эквационное (уравнительное). Оно заключается в приведении в соответствие количества ДНК хромосомному набору и протекает по типу митоза. В анафазе II сестринские хроматиды, после деления центромеры, становятся самостоятельными хромосомами и начинают движение к разным полюсам клетки. В результате II мейотического деления из каждой гаплоидной клетки ($1n2c$) образуются две дочерние клетки с формулой $1n1c$.

4. *Период формирования* заключается в приобретении клеткой соответствующей формы и размеров, необходимых для выполнения специфических функций.

Вопрос 3. Опишите развитие мужских половых клеток, женских половых клеток.

В процессе образования мужских и женских половых клеток имеются некоторые отличия.

1. *Период размножения.* При сперматогенезе период размножения происходит в течение всего репродуктивного периода (у человека с 12—14 до 60—70 лет). При овогенезе период размножения первич-

ных половых клеток завершается к моменту рождения женского организма. Их количество достигает 100 тыс., большая часть погибает. Остается около 800—1000 клеток, которые после наступления половой зрелости поочередно приступают к дальнейшему развитию.

2. Период роста. При сперматогенезе рост непродолжительный, увеличение размеров клетки незначительное. Заканчивает рост клетка ($2n4c$) — *сперматоцит 1-го порядка*.

При овогенезе рост продолжительный, происходит увеличение размеров клетки в десятки и сотни тысяч раз. В цитоплазме накапливается большое количество компонентов желтка, РНК и белков, необходимых для обеспечения процессов биосинтеза на ранних этапах развития зародыша, когда его собственная наследственная информация не используется. Кроме этого, образуются РНК, белки, гликопротеиды, являющиеся регуляторами активности генов. Они упорядоченно распределяются по цитоплазме, создавая анимально-вегетативный градиент. В результате образуется клетка ($2n4c$) — *овоцит 1-го порядка*.

3. Период созревания, или мейоз. При сперматогенезе в ходе I мейотического деления из сперматоцита 1-го порядка образуются две одинаковые клетки — *сперма-*

тоциты 2-го порядка с формулой клетки $1n2c$, а в результате II мейотического деления из каждого сперматоцита 2-го порядка образуются две одинаковые клетки ($1n1c$) — сперматиды.

При овогенезе в результате I мейотического деления из овоцита 1-го порядка образуется *овоцит 2-го порядка* и маленькая, почти лишенная цитоплазмы клетка — *первое редуccionное (направляющее) тельце*. Формула клетки $1n2c$. В результате II мейотического деления из овоцита 2-го порядка образуется *крупная яйцеклетка и второе редуccionное тельце*. Первое редуccionное тельце может разделиться надвое. Формула каждой клетки $1n1c$. Вскоре редуccionные тельца погибают. Биологический смысл образования редуccionных телец заключается в необходимости сохранения всех запасов цитоплазмы, необходимых для обеспечения дальнейшего развития зародыша из яйцеклетки.

4. Период формирования. При сперматогенезе каждая сперматида дает начало одному сперматозоиду. Формула клетки $1n1c$.

При овогенезе период формирования отсутствует.

Вопрос 4. Укажите отличия мейоза от митоза.

		Мейоз	
Периоды	Митоз	I мейотическое деление	II мейотическое деление
Интерфаза	Происходит редупликация ДНК; формула клетки становится $2n4c$	Происходит редупликация ДНК; формула клетки становится $2n4c$	Редупликация ДНК не происходит. Идет репаративный (восстановительный) синтез ДНК, направленный на ликвидацию нарушений структуры, возникающих при кроссинговере
Профаза	Спирализация ДНК; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двуххроматидные)	Спирализация ДНК; формула клетки $2n4c$ (хромосомы двуххроматидные). Гомологичные хромосомы конъюгируют, в результате чего образуются биваленты. Между конъюгированными хромосомами происходит обмен гомологичными участками – кроссинговер	Спирализация ДНК; формула клетки $1n2c$ (хромосомы двуххроматидные)

Периоды	Митоз	Мейоз	
		I мейотическое деление	II мейотическое деление
Метафаза	По экватору клетки выстраиваются хромосомы; формула клеток $2n4c$ (хромосомы двуххроматидные)	По экватору клетки выстраиваются биваленты; формула клеток $2n4c$ (хромосомы двуххроматидные)	По экватору клетки выстраиваются хромосомы; формула клеток $1n2c$ (хромосомы двуххроматидные)
Анафаза	К разным полюсам клетки расходятся дочерние хромосомы (бывшие сестринские хроматиды); формула клеток $2n2c + 2n2c = 4n4c$ (хромосомы однохроматидные)	К разным полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы; формула клеток $1n2c + 1n2c = 2n4c$ (хромосомы двуххроматидные)	К разным полюсам клетки расходятся дочерние хромосомы (бывшие сестринские хроматиды); формула клеток $1n1c + 1n1c = 2n2c$ (хромосомы однохроматидные)

Телофаза	Группы дочерних хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $2n2c$ (хромосомы однохроматидные)	Группы гомологичных хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $1n2c$ (хромосомы двухроматидные)	Группы дочерних хромосом достигают полюсов. Происходит реконструкция ядер; формула каждого ядра $1n1c$ (хромосомы однохроматидные)
Цитокинез	Разделение цитоплазмы между дочерними клетками в большинстве случаев равномерное	Разделение цитоплазмы между дочерними клетками при сперматогенезе неравномерное, а при овогенезе равномерное	Разделение цитоплазмы между дочерними клетками при сперматогенезе равномерное, а при овогенезе неравномерное

Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)

7.1. Краткие исторические сведения

Вопрос 1. Что называют индивидуальным развитием организма?

Онтогенезом, или индивидуальным развитием организма, называют весь период жизни от момента слияния сперматозоидов с яйцеклеткой и образования зиготы до гибели организма. Сущность онтогенеза заключается в последовательной смене комплексов признаков и свойств (фенотипов), в основе которой лежит изменение активности генетических программ.

Вопрос 2. На какие периоды делится индивидуальное развитие организмов?

1. Эмбриональный период — совокупность процессов морфогенеза (формообразования), протекающих в организме от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек.

2. Постэмбриональный период — совокупность процессов морфогенеза (формообразования), протекающих в организме от выхода из яйцевых оболочек или рождения до смерти.

Вопрос 3. Назовите российских ученых, внесших большой вклад в развитие эмбриологии.

К. М. Бэр (1792—1876) — русский естествоиспытатель, один из основоположников эмбриологии. Изучая развитие птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб, млекопитающих, показал, что их зародыши состоят из двух первичных пластов — эктодермы и энтодермы. Установил, что в процессе эмбриогенеза вначале появляются самые общие признаки типа, к которому относится животное, затем последовательно развиваются признаки класса, отряда, семейства, рода, вида и, наконец, индивидуальные признаки особи.

И. И. Мечников (1845—1916) — русский биолог и патолог. Основные научные работы посвящены эволюционной эмбриологии, микробиологии и иммунологии. Показал общность в эмбриональном развитии позвоночных и беспозвоночных животных и доказал их филогенетическое родство. Один из основоположников эволюционной сравнительной эмбриологии.

А. О. Ковалевский (1840—1901) — биолог-эволюционист, основатель (совместно с И. И. Мечниковым, 1871) филогенетической теории зародышевых листков, заложил основы эволюционной сравнительной эмбриологии.

А. Н. Северцов (1866—1936) — зоолог, основные научные исследования кото-

рого посвящены эволюционной морфологии и проблемам онтогенеза. Разработал (1910) теорию филэмбриогенеза, в которой выдвинул положение о возможности появления новых признаков на любой стадии онтогенеза. Им было установлено, что в индивидуальном развитии животных повторяются признаки не взрослых предков, а их зародышей. Филогенез рассматривается теперь как исторический ряд отобранных естественным отбором онтогенезов.

7.2. Эмбриональный период развития

Вопрос 1. Что такое эмбриональное развитие животных?

Вопрос 2. Назовите стадии эмбрионального развития многоклеточных животных.

Эмбриональное развитие животных — процесс, протекающий от момента образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек или рождения.

Период эмбрионального развития подразделяется на несколько стадий: *дробление, гастрюляцию, первичный органогенез и дальнейшую дифференцировку органов и тканей.*

Вопрос 3. Охарактеризуйте период дробления.

Дробление — процесс образования многоклеточного однослойного зародыша —

бластулы. Для процесса дробления характерно:

- 1) митотическое деление клеток;
- 2) митотический цикл очень короткий (около часа);
- 3) наследственная информация клеток зародыша не используется;
- 4) клетки не дифференцированы;
- 5) при дроблении цитоплазма не перемешивается и не перемещается;
- 6) бластомеры не растут — их общий объем на стадии бластулы равен объему зиготы.

В результате дробления образуется многоклеточный однослойный зародыш — *бластула*, которая имеет первичную полость тела — *бластоцель*.

У ланцетника дробление полное и равномерное.

Первая борозда дробления (плоскость, в которой проходит впячивание мембраны при распределении цитоплазмы) проходит в меридиональной плоскости и делит зиготу на два одинаковых бластомера.

Вторая борозда дробления так же проходит в меридиональной плоскости, перпендикулярно первой. В результате образуются 4 одинаковые клетки.

Третья борозда дробления широтная, проходит несколько выше экватора. В результате образуется 8 клеток, из которых

4 клетки анимального полюса несколько меньше клеток вегетативного полюса.

В дальнейшем направление хода борозд дробления чередуется. На стадии 32 бластомеров клетки начинают отходить от центра зародыша. Образуется зачаток первичной полости тела. Зародыш на этой стадии называется *морула* и похож на ягоду тутового дерева. Завершается дробление образованием бластулы.

Вопрос 5. Чем дробление отличается от митотического деления клеток взрослых животных?

Характеристики	Митоз	
	Бластомеры	Соматические клетки
Митотический цикл	0,5–2 ч; практически отсутствуют G_1 , G_2 периоды	от 15–16 ч до нескольких суток; периоды G_1 , G_2 занимают большую часть интерфазы
Наследственная информация клетки	Не используется	Используется
Деление цитоплазмы	Цитоплазма не перемещается и не перемешивается	Происходит преобразование цитоскелета; цитоплазма перемешивается
Рост клетки	Отсутствует	После завершения деления происходит увеличение размеров клетки

Вопрос 6. Как образуется двухслойный зародыш?

Процесс образования двухслойного зародыша называется *гастроуляцией*. Для него характерно:

- 1) перемещение клеточных масс;
- 2) начало использования наследственной информации клеток зародыша;
- 3) появление первых признаков дифференцировки клеток;
- 4) возникновение первых тканей организма — зародышевых листков.

Зародышевые листки — отдельные пласты клеток, занимающие в зародыше определенное место и дающие начало определенным органам. Они гомологичны, т. е. вне зависимости от систематического положения животного дают развитие одним и тем же органам и тканям.

У ланцетника процесс гастроуляции протекает путем *инвагинации* — впячивания клеток вегетативного полюса в blastocoel. При этом клетки анимального полюса образуют наружный зародышевый листок — эктодерму, а клетки вегетативного полюса — внутренний зародышевый листок — энтодерму.

Вопрос 7. Какие зародышевые листки образуются в ходе эмбрионального развития?

В стадии гастролы у эмбриона ланцетника формируются *эктодерма* и *энто-*

дерма. Дальнейший органогенез заключается в формировании комплекса осевых органов — хорды, нервной трубки и кишечной трубки; появляется третий зародышевый листок — *мезодерма*.

7.3. Постэмбриональный период развития

Вопрос 1. Какое развитие называют постэмбриональным?

Вопрос 2. Что такое прямое и непрямое постэмбриональное развитие?

Постэмбриональное развитие осуществляется с момента рождения или выхода из яйцевых оболочек до смерти. Подразделяется на три периода: дорепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный.

Постэмбриональное развитие может быть прямым или непрямым.

Прямое развитие. При прямом постэмбриональном развитии яйцевые оболочки или тело матери покидает организм, имеющий закладки всех органов, характерных для взрослых животных, и не имеющих отсутствующих у взрослых животных личиночных органов.

Дорепродуктивный период заключается в основном в росте и завершается периодом полового созревания. У человека

для женских особей — в 12—14 лет, для мужских — в 14—16 лет. Половое созревание проявляется в активизации деятельности половых желез, начале гаметогенеза и более ярком проявлении вторичных половых признаков.

В *репродуктивный период* завершается рост, идет активная репродукция. Физические возможности организма по освоению среды обитания проявляются наиболее ярко. Период завершается климаксом, характеризующимся снижением активности половых желез, завершением гаметогенеза, снижением физических возможностей организма.

Пострепродуктивный период (50—55 лет у женщин, 60—65 лет у мужчин) характеризуется снижением физических и других возможностей организма, часто отрицательной динамикой массы тела. Завершается смертью.

Непрямое развитие. При непрямом постэмбриональном развитии из яичевых оболочек выходит личинка, как правило устроенная проще взрослого животного.

Дорепродуктивный период включает личиночную стадию и часто заканчивается *метаморфозом* — превращением, при котором происходит замена личиночных органов на структуры, свойственные взрослым животным.

Метаморфоз может быть полным и неполным. При неполном метаморфозе замена личиночных органов на органы взрослых животных происходит постепенно, без прекращения активного перемещения и питания организма.

При полном метаморфозе личинка прекращает активно перемещаться в среде обитания и добывать себе пищу. Она образует куколку, в которой происходит метаморфоз, т. е. замена личиночных органов на органы взрослого организма.

После завершения превращения у позвоночных происходит рост и половое созревание. У беспозвоночных после завершения метаморфоза наступает репродуктивный период.

Биологический смысл развития с метаморфозом заключается в том, что:

1) личинка самостоятельно растет, накапливая клеточный материал для дальнейших превращений; в результате снижаются затраты материнского организма на развитие каждого потомка, что позволяет увеличить численность потомства;

2) личиночные формы и взрослые организмы, как правило, обитают в разных условиях среды и используют разные источники питания, что снижает интенсивность борьбы за существование между молодыми и зрелыми формами.

Вопрос 3. Приведите примеры строения личинок, свойственные предкам этих животных.

Личинки амфибий — головастики — имеют жаберные щели, боковую линию, двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Все эти черты строения характерны для предков амфибий — рыб.

Вопрос 4. Что такое неопределенный рост? определенный рост? Приведите примеры.

Определенным ростом называют явление, при котором процесс роста (увеличение массы тела организма) заканчивается к определенному моменту жизни и, следовательно, размеры представителя данного вида predetermined заранее. Так, например, средний рост человека составляет 170—190 см, а продолжается рост примерно до 25 лет.

Неопределенный рост заключается в том, что размеры тела увеличиваются в течение всей жизни организма и, следовательно, масса каждой особи ограничена только продолжительностью ее жизни. Например, среди животных неопределенным ростом обладают камбалы, скаты; у растений — практически все представители.

7.4. Сходство зародышей и эмбриональная дивергенция признаков. Биогенетический закон

Вопрос 1. Приведите примеры сходства черт строения у зародышей разных классов позвоночных животных.

У всех позвоночных животных, включая высших их представителей, закладывается хорда, которая в дальнейшем замещается позвоночником. В ходе эмбрионального развития позвоночных в глотке закладываются жаберные щели и соответствующие им перегородки, однако у рептилий, птиц и млекопитающих они не развиваются в жабры. Факт закладки жаберного аппарата у зародышей наземных позвоночных объясняется их происхождением от рыбообразных предков, дышавших жабрами.

Строение сердца человеческого зародыша в ранний период формирования напоминает строение этого органа у рыб: оно с одним предсердием и одним желудочком. У беззубых китов в эмбриональном периоде закладываются зубы. Впоследствии они разрушаются и рассасываются.

Вопрос 2. Что такое эмбриональная дивергенция?

Расхождение признаков у зародышей различных организмов в процессе разви-

тия называется *эмбриональной дивергенцией*, которая определяется историей развития данного вида и эволюцией той или иной систематической группы животных.

Вопрос 3. Дайте объяснение возникновения у эмбрионов современных животных черт строения, свойственных их далеким предкам.

Это явление объясняется биогенетическим законом Мюллера — Геккеля: онтогенез — индивидуальное развитие каждой особи есть краткое и быстрое повторение филогенеза (исторического развития) вида, к которому эта особь относится.

7.5. Развитие организмов и окружающая среда

Вопрос 1. Какие факторы внешней среды влияют на развитие зародышей?

Организм не может жить вне среды обитания. Эмбрион развивается в условиях среды, характерных для особей данного вида и вне этих условий его развитие может нарушаться или останавливаться. На развивающийся организм влияют такие факторы среды, как температура, концентрация кислорода и диоксида углерода, ионный состав воды (для водных организмов), интенсивность инсоляции. Для млекопитающих, в том числе и человека,

имеет значение здоровье матери, в теле которой происходит развитие. Негативно сказывается на характере внутриутробного развития употребление беременной женщиной алкоголя, табака и, в особенности, токсических веществ и наркотиков.

Вопрос 2. В чем заключается вредное влияние алкоголя и курения на организм человека?

Прием алкоголя и курение могут обуславливать замедление роста и возникновение врожденных уродств. Так, алкоголь препятствует полноценному участию различных клеток в процессе развития и особенно тормозит функциональное развитие нервных клеток и нервной системы в целом. Курение приводит к замедлению роста зародыша, что обусловлено влиянием углекислого и угарного газов; к образованию вредных мутаций в еще не родившемся организме. Никотин отравляет нервные клетки и служит причиной многих функциональных расстройств. В юношеском и молодом возрасте алкоголь и курение могут крайне неблагоприятно воздействовать на половые клетки, репродуктивную функцию.

Вопрос 3. Деятельность каких систем организма обеспечивает постоянство его внутренней среды?

Постоянство внутренней среды в организме (гомеостаз) обеспечивают регуля-

торные системы — эндокринную, иммунную и нервную, объединяющие и координирующие все системы организма. Регуляторные механизмы сложились в процессе эволюции и наследственно закреплены.

Вопрос 4. Какие изменения в деятельности органов и систем возникают при действии на них неблагоприятных факторов среды?

При воздействии на организм неблагоприятных факторов внешней среды возникает явление стресса. *Стресс* — это реакция организма, развивающаяся в неблагоприятных условиях, отрицательно влияющих на жизнедеятельность, при возникновении угрозы нарушения гомеостаза. В этом случае активизируется деятельность большинства систем организма — нервной, эндокринной, иммунной, дыхательной, сердечно-сосудистой. Функциональные изменения указанных систем направлены на повышение сопротивляемости к неблагоприятным факторам среды, мобилизацию всех защитных сил организма, усиление обменных процессов, перераспределение энергии, используемой для осуществления наиболее необходимых потребностей.

Основы генетики и селекции

Глава 8

Основные понятия генетики

Вопрос 1. Что такое наследственность? Что такое гены?

Наследственность — способность живых организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Признаком, как правило, называют любую особенность строения на всех уровнях организации, за исключением структуры молекулы ДНК. В генетике существует также понятие «элементарный признак» — последовательность аминокислот в одной полипептидной молекуле. Свойство можно определить как физиологическую особенность организма, в основе которой лежит один или несколько признаков. Например, признак — строение коры головного мозга человека; свойство — мышление.

Ген — участок молекулы ДНК, последовательность нуклеотидов которого несет информацию о структуре одного полипептида.

Вопрос 2. В результате какого процесса возникают аллельные гены?

Аллельными называются гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного и того же признака. Новые аллельные гены возникают в ходе мутаций.

Вопрос 3. Что такое множественный аллеломорфизм?

В ходе мутационного процесса может возникнуть несколько аллельных генов, определяющих многообразие вариантов признака, — серия аллельных генов. Возникновение такой серии вследствие неоднократного мутирования одного гена называют множественным *аллеломорфизмом (аллелизм)*.

Множественный аллелизм — явление, характерное для популяции и вида, а не для отдельной особи, так как в генотипе одного организма может находиться не более двух разных вариантов одного аллеля.

Вопрос 4. Приведите определение понятия «изменчивость».

Изменчивость — способность живых организмов приобретать новые признаки

и свойства. Различают *наследственную (генотипическую) изменчивость*, при которой новые признаки возникают в результате изменений наследственного материала, и *ненаследственную (фенотипическую)*. Фенотипические изменения происходят в результате непосредственного воздействия факторов среды на развитие признака, например возникновение загара (под действием ультрафиолетовых лучей).

Вопрос 5. Дайте определение понятий «генотип», «фенотип».

Генотип — совокупность взаимодействующих генов организма.

Фенотип — совокупность всех признаков и свойств данного организма.

Глава 9

Закономерности наследования признаков

9.1. Гибридологический метод изучения наследования признаков Г. Менделя

Вопрос 1. Кто был первооткрывателем закономерностей наследования признаков?

Вопрос 2. На каких растениях проводил опыты Г. Мендель?

Вопрос 3. Благодаря каким приемам Г. Менделю удалось вскрыть законы наследования признаков?

Честь открытия количественных закономерностей наследования признаков принадлежит чешскому ботанику-любителю Грегору Менделю.

Г. Мендель проводил свои опыты на горохе, так как это растение легко поддается разведению и имеет короткий период развития. Он наблюдал за наследованием только одного или нескольких признаков, по которым проводил свои исследования, что значительно упрощало задачу.

Ученый работал с растениями, относящимися к чистой линии, в ряду поколений которых при самоопылении не наблюдалось расщепления по данному признаку.

Г. Мендель изучал наследование альтернативных, т. е. взаимоисключающих, признаков.

Он использовал в своих исследованиях точные математические методы.

9.2. Законы Менделя

Вопрос 1. Что такое гибридизация?

Вопрос 2. Какое скрещивание называют моногибридным? дигибридным?

Скрещивание двух организмов называют *гибридизацией*.

Моногибридным называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков.

Дигибридным называется скрещивание, при котором рассматривается наследование и производится точный количественный учет потомства по двум парам альтернативных признаков, а точнее, по взаимоисключающим вариантам этих признаков.

Вопрос 3. Сформулируйте первый закон Менделя.

Первый закон Менделя — закон единообразия первого поколения (закон доминирования)

При скрещивании двух организмов, относящихся к разным чистым линиям (т. е. двух гомозиготных организмов), отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков, все первое поколение гибридов F_1 окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей.

Этот признак получил название *доминантного*.

Вопрос 4. Что такое неполное доминирование? Приведите примеры.

В гетерозиготном организме доминантный ген не всегда подавляет проявление

рецессивного гена. В ряде случаев гибрид первого поколения F_1 не воспроизводит полностью ни одного из вариантов родительских признаков, и выраженность признака носит промежуточный характер. Так, при скрещивании ночной красавицы с красной окраской цветов с растениями, имеющими белые цветки, все потомки F_1 обладают розовой окраской венчика.

Вопрос 5. Сформулируйте второй закон Менделя.

Второй закон Менделя — закон расщепления

При скрещивании двух потомков первого поколения F_1 между собой (двух гетерозиготных организмов) во втором поколении F_2 будет наблюдаться расщепление по фенотипу 3 : 1, по генотипу — 1 : 2 : 1.

То есть по фенотипу три четверти потомства будет нести доминантный признак, а одна четверть потомства окажется рецессивной. По генотипу 25% потомства будет гомозиготным по доминантному гену, 50% гетерозиготным, а 25% гомозиготным по рецессивному гену.

Гомозиготный организм — организм, у которого в одних и тех же локусах гомо-

логичных хромосом лежат одинаковые по последовательности нуклеотидов аллельные гены. В формальной генетике можно считать организм гомозиготным, если оба аллеля обеспечивают одинаковое проявление признака (например, желтый и желтый).

Гетерозиготный организм — организм, у которого в одних и тех же локусах гомологичных хромосом лежат разные по последовательности нуклеотидов аллельные гены, т. е. гены, определяющие различные проявления признака (например, желтый и зеленый).

Вопрос 6. Что такое «чистота гамет»?

Вопрос 7. На каком явлении основан закон чистоты гамет?

Наследственные факторы при образовании гибридов не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. Половые клетки содержат только один наследственный фактор из аллельной пары.

Закон чистоты гамет

Гаметы генетически чисты, так как в них находится только один ген из каждой аллельной пары.

Цитологической основой закона чистоты гамет служит расхождение гомологич-

ных хромосом при образовании половых клеток в ходе мейоза.

Вопрос 8. Обоснуйте основные положения третьего закона Менделя.

Третий закон Менделя — закон независимого комбинирования признаков

При скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга по двум или более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Закон независимого комбинирования справедлив для аллельных пар, расположенных в разных гомологичных хромосомах. При дигибридном скрещивании во втором поколении гибридов будет наблюдаться расщепление по фенотипу в соотношении $9 : 3 : 3 : 1$, т. е. $9/16$ потомства будет нести оба доминантных признака, $3/16$ потомства — один доминантный, а второй рецессивный, $3/16$ потомства будет рецессивным по первому и доминантным по второму признакам и $1/16$ должна оказаться рецессивной по обоим признакам. Расщепление же по каждому признаку отдельно составит $3 : 1$, как при моногибридном скрещивании.

9.3. Хромосомная теория наследственности. Сцепленное наследование генов

Вопрос 1. Что такое сцепление генов?

Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называется *сцепленным наследованием*, а локализация генов в одной хромосоме — *сцеплением генов*.

Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют *законом Моргана*.

Явление, при котором гены, расположенные в одной хромосоме, всегда наследуются совместно, называют *полным сцеплением*. Это возможно, если гены расположены в одной хромосоме непосредственно друг за другом и кроссинговер между ними практически невероятен. Если гены расположены в хромосоме на некотором расстоянии друг от друга, то вероятность кроссинговера между ними повышается. В результате кроссинговера сцепление может нарушаться, и возникают гаметы с перекомбинированными генами. Такое *сцепление генов* называется *неполным*.

Вопрос 2. Что собой представляет группа сцепления? Какие хромосомы включают в одну группу сцепления?

Все гены, входящие в одну хромосому, передаются по наследству совместно и составляют *группу сцепления*.

Поскольку гомологичные хромосомы несут аллельные гены, отвечающие за развитие одних и тех же признаков, в группу сцепления включают обе гомологичные хромосомы. Таким образом, количество групп сцепления соответствует числу хромосом в гаплоидном наборе. Например, у человека $2n = 46$ хромосом — 23 группы сцепления, у дрозофилы $2n = 8$ хромосом — 4 группы сцепления.

Вопрос 3. Какие процессы могут нарушать сцепление генов?

Причиной нарушения сцепления генов служит кроссинговер — перекрест хромосом в профазе I мейотического деления.

Чем дальше друг от друга гены расположены в хромосоме, тем выше вероятность перекреста между ними и тем больше процент гамет с рекомбинированными генами, а следовательно, и больше особей в потомстве, отличных от родителей. За единицу расстояния между генами в одной хромосоме принят 1% кроссинговера, названный одной морганидой.

9.4. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом

Вопрос 1. Какие хромосомы называют половыми?

Вопрос 2. Какой пол называют гомогаметным и какой – гетерогаметным? Приведите примеры.

Хромосомы, которыми мужской и женский пол отличаются друг от друга, называют *половыми* или *гетерохромосомами*. Половые хромосомы у женщин одинаковые, их называют *X*-хромосомами. У мужчин имеется одна *X*- и одна *Y*-хромосома.

Определение пола будущего организма происходит в момент оплодотворения и определяется сочетанием половых хромосом в зиготе. У человека *гомогаметным* является женский пол, т. е. все яйцеклетки несут *X*-хромосому. Мужской пол *гетерогаметен*, т. е. существуют сперматозоиды двух типов — несущие *X*-хромосому и несущие *Y*-хромосому.

Вопрос 3. Что такое сцепление генов с полом?

Вопрос 4. Приведите примеры наследования гена, сцепленного с полом.

Гены, расположенные в половых хромосомах, называют *сцепленными с полом*. В половых хромосомах имеются гены, опре-

деляющие половую принадлежность организма, а также наследственные факторы, не имеющие отношения к половым признакам. Например, гены цветового зрения, свертываемости крови и др.

Так, например, в X -хромосоме человека расположен ген, отвечающий за свертываемость крови, — H . Его рецессивная аллель h вызывает тяжелое заболевание — гемофилию. В той же хромосоме X находится ген, обуславливающий неспособность различать красный и зеленый цвета (дальтонизм).

Например, *наследование дальтонизма:*

D — нормальное зрение, d — дальтонизм.

$$P: \quad \text{Oval}(X^D X^d) \quad \times \quad \text{Oval}(X^D Y)$$

$$\text{Гаметы:} \quad \begin{array}{cc} \text{Circle}(X^D) & \text{Circle}(X^d) \\ 50\% & 50\% \end{array} \quad \begin{array}{cc} \text{Circle}(X^D) & \text{Circle}(Y) \\ 50\% & 50\% \end{array}$$

$$F: \quad \begin{array}{cccc} \text{Oval}(X^D X^D) & \text{Oval}(X^D Y) & \text{Oval}(X^d X^D) & \text{Oval}(X^d Y) \\ 25\% & 25\% & 25\% & 25\% \\ \text{Норма} & \text{Норма} & \text{Норма} & \text{Дальтонизм} \end{array}$$

Или наследование гемофилии:

H — нормальная свертываемость крови, h — гемофилия.

$$P: \quad \left(X^H X^h \right) \times \left(X^H Y \right)$$

$$\begin{array}{cccc} \text{Гаметы:} & \left(X^H \right) & \left(X^h \right) & \left(X^H \right) & \left(Y \right) \\ & 50\% & 50\% & 50\% & 50\% \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} F: & \left(X^H X^H \right) & \left(X^H Y \right) & \left(X^h X^H \right) & \left(X^h Y \right) \\ & 25\% & 25\% & 25\% & 25\% \\ & \text{Норма} & \text{Норма} & \text{Норма} & \text{Гемофилия} \end{array}$$

(Организмы с генотипом $X^h X^h$ не являются жизнеспособными и чаще всего погибают внутриутробно.)

Вопрос 5. Почему проявляются в виде признака рецессивные гены, локализованные в X-хромосоме человека?

В отличие от генов, локализованных в аутосомах при сцеплении с полом, может проявиться и рецессивный ген, имеющийся в генотипе в единственном числе. Это происходит в тех случаях, когда рецессив-

ный ген, сцепленный с X-хромосомой, попадает в гетерогаметный организм. Например: X^hY — гемофилия, X^hY — дальтонизм.

Вопрос 6. Приведите примеры доминантных и рецессивных признаков у человека.

Доминантными признаками у человека являются карий цвет глаз, темный цвет волос, курчавые волосы; а рецессивными — светлые прямые волосы, голубые или серые глаза.

9.5. Генотип как целостная система. Взаимодействие генов

Вопрос 1. Какие из исследованных Г. Менделем признаков гороха наследуются как доминантные?

Доминантными признаками являются:

- 1) форма семян гороха — гладкая;
- 2) окраска семян — желтая;
- 3) положение цветков — пазушные цветки;
- 4) окраска цветков — красная;
- 5) длина стебля — длинные стебли;
- 6) форма стручка — простые бобы;
- 7) окраска стручка — зеленая.

Вопрос 2. Приведите примеры влияния генов на проявление других, аллельных генов.

Вопрос 3. Как взаимодействуют между собой различные варианты генов, входящие в серию множественных аллелей?

Различают несколько форм взаимодействия аллельных генов. Во-первых, *полное доминирование* — явление, которое заключается в том, что один аллельный ген полностью подавляет другой и проявляется в виде признака. Например, у гороха ген, обуславливающий желтую окраску семян (A), подавляет ген, определяющий зеленую окраску семян (a). Поэтому у гетерозигот (Aa) семена окрашены в желтый цвет.

Во-вторых, *неполное доминирование*, выражающееся в том, что ни один из аллельных генов полностью не подавляет другой аллель. У ночной красавицы ген A отвечает за развитие красной окраски венчика цветка (AA), ген a — белой окраски (aa). Гетерозиготные растения (Aa) обладают розовыми цветками.

Третья форма взаимодействия аллельных генов — *кодоминирование* — совместное проявление обоих аллелей, которые не оказывают влияние друг на друга. Например, при определении групп крови у человека (система ABO) ген I^A обуславливает развитие II (A) группы, а ген I^B образует антиген (агглютиноген) B , расположенный на эритроцитах у лиц с III (B) группой крови. Находясь в одном геноти-

пе ($I^A I^B$), они определяют VI (AB) группу крови и наличие на эритроцитах обоих антигенов A и B .

Наконец, *сверхдоминирование* — явление, лежащее в основе гетерозиса (эффекта гибридной силы). Гетерозиготы, генотип которых содержит два разных аллеля (Aa), проявляют повышенную жизнеспособность и плодовитость, несравнимую с гомозиготными организмами (AA и aa).

Вопрос 4. Охарактеризуйте формы взаимодействия неаллельных генов.

Комплементарность — явление взаимодействия генов из разных аллельных пар. Так, в образовании красной окраски цветков душистого горошка участвуют два гена: доминантный ген из одной аллельной пары (A) обуславливает синтез бесцветного предшественника красного пигмента — пропигмента; в другой аллельной паре доминантный ген (B) определяет синтез фермента, превращающего пропигмент в пигмент. Следовательно, цветки душистого горошка окажутся окрашенными только в том случае, если в генотипе будут находиться доминантные гены из двух аллельных пар — $A_B_$. Во всех остальных случаях (A_bb или $aaB_$) венчики цветков останутся неокрашенными — белыми.

Эпистаз — явление, которое заключается в том, что один ген препятствует проявлению генов из другой аллельной пары. Чаще всего при этом эпистатическим (подавляющим) действием обладает доминантный ген из другой аллельной пары. Так, у тыквы ген A определяет желтую окраску плодов, а его рецессивный аллель a — зеленую. Однако любая окраска разовьется лишь при отсутствии в генотипе гена B , препятствующего проявлению генов пары A . При генотипе A_bb плоды будут желтыми, у растений $aabb$ — зелеными, а генотипы A_B и $aaB_$ дадут неокрашенные (белые) плоды.

Полимерия — явление, сущность которого заключается в том, что несколько пар неаллельных генов участвует в развитии одного признака. В этом случае, чем больше в генотипе доминантных аллелей из каждой аллельной пары, тем ярче выражен признак. Например, у человека цвет кожи зависит от четырех пар неаллельных генов. При генотипе $A_1A_1A_2A_2A_3A_3A_4A_4$ пигментация кожи максимальная — 100% (негроидная раса), а у гомозигот $a_1a_1a_2a_2a_3a_3a_4a_4$ пигмент отсутствует — 0% пигментации (европеоидная раса). У мулатов первого поколения $A_1a_1A_2a_2A_3a_3A_4a_4$ количество пигмента окажется средним — 50%.

Закономерности изменчивости

10.1. Наследственная (генотипическая) изменчивость

Вопрос 1. Какие формы изменчивости вам известны?

Изменчивость — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Различают наследственную и ненаследственную изменчивость.

1. *Наследственная, или генотипическая, изменчивость* — способность организмов приобретать новые признаки и свойства в результате изменения структуры наследственного материала на всех уровнях организации от молекулярного до хромосомного, числа хромосом в кариотипе, а также вследствие возникновения новых комбинаций генов.

Виды наследственной изменчивости:

а) *мутационная изменчивость* — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства в результате изменения структуры наследственного материала или изменения числа хромосом в кариотипе;

б) *комбинативная* — обусловлена возникновением различных комбинаций генов в генотипе.

2. Ненаследственная, или модификационная (фенотипическая), изменчивость — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства в результате непосредственного воздействия факторов среды на их развитие. При этом структура наследственного материала не подвергается изменениям.

Вопрос 2. Приведите классификацию мутаций по уровню изменений наследственного материала.

1. Генные, или точковые, мутации — изменения, обусловленные заменой, выпадением или вставкой одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена. Они влекут за собой изменение структуры белков, заключающееся в появлении новой последовательности аминокислот в полипептидной цепи.

2. Хромосомные мутации — изменение структуры хромосом. Эти мутации могут возникать вследствие утраты хромосомой своей части или приобретение нового, нехарактерного для нее участка, что может привести к гибели организма.

3. Геномные мутации — изменения кариотипа, кратные ($3n$, $4n$, $8n...$) и некратные ($2n \pm 1$; $2n \pm 2...$) гаплоидному числу хромосом. Например, при болезни Дауна в кариотипе присутствуют три хромосомы 21-й пары.

Вопрос 3. Что такое полиплоидия и каково ее значение?

Полиплоидия — увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору.

Часто подобное явление встречается у простейших и растений. Полиплоидия позволяет повысить надежность генетической системы, уменьшает опасность снижения жизнеспособности в случае возникновения мутаций, повышает жизнеспособность, плодовитость и другие свойства. В растениеводстве этим пользуются, искусственно получая полиплоидные сорта культурных растений, которые отличаются высокой урожайностью и жизнестойкостью.

Вопрос 4. Перечислите свойства мутаций.

Свойства мутаций

1. Возникают внезапно, скачкообразно.
2. Наследственны, т. е. стойко передаются из поколения в поколение.
3. Случайны и ненаправленны — мутировать может любой ген, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков.
4. Одни и те же мутации могут возникать повторно.
5. По своему проявлению могут быть полезными и вредными, доминантными и рецессивными.

Вопрос 5. На каких уровнях возникают новые комбинации генов?

1-й уровень: рекомбинация генов в группе сцепления вследствие кроссинговера в профазе I мейотического деления.

2-й уровень: расхождение гомологичных хромосом из бивалентов в I мейотическом делении (2^{23} комбинаций у человека).

3-й уровень: расхождение дочерних хромосом во II мейотическом делении (2^{23} комбинации у человека). Всего во время мейоза образуется 2^{46} комбинаций.

4-й уровень: слияние половых клеток, принадлежащих разным организмам (2^{92} комбинаций).

10.2. Зависимость проявления генов от условий внешней среды (фенотипическая изменчивость)

Вопрос 1. Приведите примеры влияния среды на проявление признака.

Часто проявление гена в виде признака очень жестко связано с условиями среды, в которых обитает организм. Например, гималайские кролики, выросшие при низких температурах окружающей среды, будут иметь черную окраску, а кролики, выросшие при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ будут белыми.

Если у тех же кроликов выщипать участок кожи и поместить их в среду с низкой температурой или положить на выщипанный участок холодную повязку, то вновь выросшая шерсть будет черной.

Водные растения — стрелолист и водяной лютик имеют различную форму листовой пластинки, находящейся над водой и в ее толще.

Вопрос 2. Приведите примеры, доказывающие ненаследуемость изменений признака, вызванных действием условий внешней среды.

Модификационная изменчивость — способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства в результате непосредственного воздействия факторов среды на развитие признаков и не затрагивающих генотип. Поэтому признаки и свойства, приобретенные таким образом, по наследству не передаются. Например, у гималайских кроликов, выращенных при температуре 30 °С, вся шерсть окажется белой. При этом у их потомства, выращенного в нормальных условиях, будет обычное распределение пигмента.

Вопрос 3. Почему ненаследственную изменчивость называют групповой или определенной?

Модификации всегда связаны с конкретным фактором среды. Например, под

действием ультрафиолета в коже человека синтезируется и накапливается пигмент меланин, а в результате физических нагрузок в мышечной ткани — белок миоглобин и никогда наоборот. Другими словами, фенотипические изменения определяются данным фактором среды. Помимо этого, сходные изменения в результате действия одного и того же фактора среды возникают у всех представителей данного вида, т. е. являются групповыми.

Вопрос 4. Что такое норма реакции?

Если рассматривать какой-либо признак, характерный для группы организмов, можно заметить, что степень его выраженности неодинакова у разных особей. Однако большинство особей будет обладать средними значениями изучаемого признака или свойства, и чем дальше отклонения от средней нормы, тем меньшее число особей будет обладать такими отличиями. Степень варьирования признака — пределы модификационной изменчивости называются *нормой реакции*.

Вопрос 5. Укажите свойства модификаций.

Свойства модификаций

1. Не наследуются, так как связанные с ними изменения не затрагивают наследственный материал.

2. Направляются факторами окружающей среды.

3. Носят групповой характер, т. е. у всех представителей одного и того же вида под действием определенного фактора среды возникают сходные, однонаправленные изменения.

4. Возможность изменения того или иного признака под действием фактора среды обусловлена генотипом организма.

Вопрос 6. Сравните свойства мутаций и модификаций.

Мутации	Модификации
1. Случайны и не направлены — мутировать может любой ген, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков	1. Направлены факторами окружающей среды
2. Индивидуальны; возникают внезапно, скачкообразно	2. Носят групповой характер, т. е. у всех представителей одного и того же вида под действием определенного фактора среды постепенно возникают сходные, однонаправленные изменения
3. Наследственны, т. е. стойко передаются из поколения в поколение	3. Не наследуются, так как связанные с ними изменения не затрагивают наследственный материал

Мутации	Модификации
4. Одни и те же мутации могут возникать повторно	4. Изменение того или иного признака под действием фактора среды обусловлено генотипом организма
5. По своему проявлению могут быть полезными и вредными, доминантными и рецессивными	5. Изменения признаков под действием факторов среды являются полезными и снижают интенсивность давления естественного отбора

Глава 11

Основы селекции

11.1. Создание пород животных и сортов растений

Вопрос 1. Чем отличаются одомашненные и культурные организмы от диких?

У культурных форм сильно развиты признаки и свойства, имеющие полезное значение для человека и не несущие биологического смысла для вида. Например, у крупного рогатого скота количество молока, необходимого для выкармливания теленка, не превышает нескольких сот

литров. Молочные породы коров дают несколько тонн (от 3—5 до 15—18) молока. Многие искусственные формы лишены приспособлений для защиты.

Вопрос 2. Какое значение для селекции имеет знание центров происхождения культурных растений?

Успех селекционной работы в основном зависит от генетического разнообразия исходной группы растений и животных. Генофонд существующих сортов растений менее разнообразен, чем генофонд исходного дикого вида. Поэтому для выведения новых сортов растений и пород животных очень важны поиск и выявление полезных признаков у их диких предков. Для этого необходимо знание районов их происхождения.

Вопрос 3. Изложите сущность закона гомологических рядов в наследственной изменчивости Н. И. Вавилова.

Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены

в общей системе роды и виды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство.

11.2. Методы селекции растений и животных

Вопрос 1. Что называют породой, сортом?

Породой и сортом называют популяцию гомозиготных по ряду признаков организмов, искусственно созданную человеком, характеризующуюся определенным генофондом, с наследственно закрепленными морфологическими и физиологическими признаками и определенным уровнем продуктивности.

Вопрос 2. Какие основные методы селекции вы знаете?

Основными методами селекции являются *отбор* и *гибридизация*. Индивидуальный отбор сводится к выращиванию семей от отдельной особи. Такой отбор приводит к выведению чистой линии — группы генетически однородных (гомозиготных) особей. Для внесения в генофонд создаваемого сорта растений или породы

животных ценных генов и получения оптимальных комбинаций применяют гибридизацию — скрещивание.

Вопрос 3. С какой целью в селекционной работе производят скрещивание?

Для внесения в генофонд создаваемого сорта растений или породы животных ценных генов и получения их оптимальных комбинаций, а также для увеличения численности особей применяют гибридизацию (скрещивание).

Вопрос 4. Что такое гетерозис?

Гетерозис — эффект гибридной силы, заключающийся в повышенной жизнеспособности и плодовитости. Объясняется сверхдоминированием, при котором многие гены переходят в гетерозиготное состояние. Сильнее всего выражен в первом поколении (F_1) у межсортовых и межвидовых гибридов.

Вопрос 5. С какой целью в селекции применяются мутагены?

Частота спонтанных (самопроизвольных) мутаций достаточно невелика. Она составляет 10^{-5} — 10^{-6} для большинства генов. При применении мутагенов (химические вещества, рентгеновское или ультра-

фиолетовое излучение) резко возрастает частота мутаций. При применении таких веществ, как колхицин, возникает эффект полиплоидизации — умножения хромосомного набора, что иногда приводит к изменению признаков и свойств организма в сторону, полезную для человека. Среди большого разнообразия мутантных организмов — бактерий или растений — проводят отбор с необходимыми для человека признаками. Таким образом ускоряется процесс селекции.

Вопрос 6. Назовите мутагенные факторы.

Мутагенными называют физические или химические факторы среды, существенно повышающие частоту мутаций (в сотни и тысячи раз). К ним относятся ультрафиолетовое и рентгеновское излучения, все виды ионизирующего излучения, многие химические вещества — углеводороды, колхицин.

11.3. Селекция микроорганизмов

Вопрос 1. Какое значение для народного хозяйства имеет селекция микроорганизмов?

Микробиология и связанные с ней прикладные технологии в настоящий момент имеют огромное значение для народного

хозяйства. Так, микроорганизмы используются в хлебопечении, пивоварении, виноделии, изготовлении многих молочно-кислых продуктов, квашении овощей. Помимо пищевой промышленности технологии с использованием деятельности бактерий и грибов применяются в металлургии — очистка пород, выделение ценных металлов. В медицине — синтез важнейших белков (например, инсулина).

Вопрос 2. Приведите примеры промышленного получения и использования продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Примеры использования микроорганизмов в промышленности чрезвычайно многообразны. В хлебопечении все виды дрожжевого теста изготавливаются при помощи дрожжевых грибов.

В пивоварении и виноделии сбраживание и специфический вкус напитков во многом определяется участвующими в процессе микроорганизмами.

В приготовлении молочнокислых продуктов — например, йогуртовый или кефирный грибок.

В медицинской промышленности — получение гормона инсулина и белка интерферона за счет внедрения генов этих белков в хромосому кишечной палочки.

Вопрос 3. Что такое биотехнология?

Технологию получения необходимых человеку продуктов из живых клеток или с их помощью называют *биотехнологией*.

Одним из основных методов биотехнологии является *клеточная инженерия*: создание клеток нового типа на основе их гибридизации, реконструкции и культивирования; объединение целых клеток, принадлежавших различным видам (и даже относящихся к разным царствам — растениям и животным), с образованием клетки, несущей генетический материал обеих родительских клеток, и другие операции. Клеточная инженерия используется для решения теоретических проблем в биотехнологии, для создания новых форм растений, обладающих полезными для человека признаками и одновременно устойчивых к болезням.

При помощи методов биотехнологии ученым удается улучшить различные качества растений и животных (например, выращиваемые на искусственных питательных средах клетки и ткани растений составляют основу разнообразных технологий в сельском хозяйстве). Так получены растения, устойчивые к вирусам и болезнетворным микроорганизмам, гербицидам; растения, способные синтезировать токсины, ядовитые для насекомых-вредителей;

растения с чужеродными генами, контролирующими синтез белков холодоустойчивости и белков с улучшенным аминокислотным составом.

Вопрос 4. Что такое генная инженерия?

Генная инженерия (генетическая инженерия) — раздел молекулярной генетики, связанный с целенаправленным созданием вне живого организма новых, не существующих в природе, комбинаций генетического материала, способного размножаться в клетке-хозяине.

Решающую роль в исследованиях сыграли методы выделения индивидуальных генов, получение их в достаточных количествах путем практически неограниченного размножения в бактериальных клетках. Модифицированные таким образом бактериальные клетки синтезируют белок, кодируемый чужим для них геном. Так, при помощи кишечной палочки получают интерфероны — белки, подавляющие размножение вирусов, и инсулин, регулирующий уровень глюкозы в крови, гормон роста, а также другие биологически активные вещества и лекарственные препараты.

Перенос генов дает, кроме того, возможность преодолевать межвидовые барьеры и передавать отдельные признаки одних организмов другим.

11.4. Достижения и основные направления современной селекции

Вопрос 1. Приведите примеры достижений отечественных селекционеров в области растениеводства.

В нашей стране достигнуты выдающиеся достижения в области селекции. Путем сложной гибридизации географически отдаленных форм и индивидуального отбора академик А. П. Лукьяненко вывел высокопродуктивные сорта кубанской пшеницы: Безостая, Аврора, Кавказ. Академиком В. Н. Ремесло создан сорт озимой пшеницы Мироновская-808, морозоустойчивые сорта Юбилейная-50 и Харьковская-63. Выведены А. П. Шехурдиным и В. И. Мамонтовой сорта яровой пшеницы Саратовская-29, Саратовская-36, Саратовская-210. Академик В. С. Пустовойт создал на Кубани сорт подсолнечника, содержащий до 50% масла в семенах.

Вопрос 2. Расскажите о методах селекционной работы И. В. Мичурина.

Выдающийся российский ученый XIX—XX вв. И. В. Мичурин использовал родительские растения из отдаленных географических регионов и скрещивал их меж-

ду собой, получая новые сорта. Важным этапом в работе Мичурина было целенаправленное воспитание гибридных сеянцев. Оно заключалось в том, что в определенный период их развития создавались условия для доминирования признаков одного и подавления признаков другого из родителей. Применялся *метод ментора*, т. е. воспитание на подвое — на растении, в крону которого привит черенок. Также И. В. Мичурин применял метод отдаленной гибридизации. Им был получен гибрид черемухи и вишни — церападус, терна и сливы, яблони и груши, персика и абрикоса.

Все мичуринские сорта воспроизводятся методом вегетативного размножения.

Вопрос 3. Приведите примеры достижений селекционеров нашей страны в области животноводства.

Академик М. Ф. Иванов создал украинскую степную породу свиней, отличающуюся неприхотливостью и высокой мясной продуктивностью. Кроме того, в животноводстве созданы высокопродуктивные породы крупного рогатого скота: Костромская, Казахская, Белоголовая; овец — Асканийская, Казахский архаромеринос и многие другие породы, отличающиеся повышенной жизнестойкостью

в разнообразных условиях разведения в нашей стране. Благодаря селекции получены каракульские овцы, дающие шкурки разной окраски. В птицеводстве созданы линии, используемые для получения гибридов мясного (бройлеры) и яичного направлений.

<i>Предисловие</i>	3
<i>Раздел 1. Происхождение и начальные этапы развития жизни на Земле</i>	
<i>Глава 1. Многообразие живого мира.</i>	
Основные свойства живой материи	4
1.1. Уровни организации живой материи	4
1.2. Критерии живых систем	15
<i>Глава 2. Возникновение жизни на Земле.</i>	19
2.1. История представлений о возникновении жизни	19
2.2. Современные представления о возникновении жизни	23
2.2.1. Эволюция химических элементов в космическом пространстве.	23
2.2.2. Образование планетных систем.	23
2.2.3. Первичная атмосфера Земли и химические предпосылки возникновения жизни	25
2.2.4. Источники энергии и возраст Земли	25
2.2.5. Условия среды на древней Земле	25
2.3. Теории происхождения протобиополимеров.	27
2.4. Эволюция протобионтов	30

2.5. Начальные этапы биологической эволюции	32
---	----

Раздел 2. Учение о клетке

<i>Глава 3. Химическая организация клетки</i>	35
3.1. Неорганические вещества, входящие в состав клетки	35
3.2. Органические вещества, входящие в состав клетки	39
3.2.1. Биологические полимеры — белки	39
3.2.2. Органические молекулы — углеводы	43
3.2.3. Органические молекулы — жиры и липоиды	45
3.2.4. Биологические полимеры — нуклеиновые кислоты	46

<i>Глава 4. Метаболизм — основа существования живых организмов</i>	51
4.1. Анаболизм	51
4.2. Энергетический обмен — катаболизм	54
4.3. Автотрофный тип обмена веществ . .	54

<i>Глава 5. Строение и функции клеток .</i>	59
5.1. Прокариотическая клетка	59
5.2. Эукариотическая клетка	62
5.2.1. Цитоплазма	62
5.2.2. Клеточное ядро	71
5.3. Деление клеток.	76
5.4. Особенности строения растительной клетки	81
5.5. Клеточная теория строения организмов	84

5.6. Неклеточные формы жизни. Вирусы	86
---	----

Раздел 3. Размножение и развитие организмов

<i>Глава 6.</i> Размножение организмов.	90
6.1. Бесполое размножение	90
6.2. Половое размножение	93

<i>Глава 7.</i> Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)	102
7.1. Краткие исторические сведения . . .	102
7.2. Эмбриональный период развития . .	104
7.3. Постэмбриональный период развития	108
7.4. Сходство зародышей и эмбриональная дивергенция признаков. Биогенетический закон	112
7.5. Развитие организмов и окружающая среда	113

Раздел 4. Основы генетики и селекции

<i>Глава 8.</i> Основные понятия генетики. .	116
--	-----

<i>Глава 9.</i> Закономерности наследования признаков	118
9.1. Гибридологический метод изучения наследования признаков Г. Менделя	118
9.2. Законы Менделя	119
9.3. Хромосомная теория наследственности. Сцепленное наследование генов	124
9.4. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом.	126

9.5. Генотип как целостная система. Взаимодействие генов	129
<i>Глава 10. Закономерности</i>	
изменчивости	133
10.1. Наследственная (генотипическая) изменчивость.	133
10.2. Зависимость проявления генов от условий внешней среды (фенотипическая изменчивость)	136
<i>Глава 11. Основы селекции</i>	140
11.1. Создание пород животных и сортов растений	140
11.2. Методы селекции растений и животных	142
11.3. Селекция микроорганизмов	144
11.4. Достижения и основные направления современной селекции	148

Захаров Владимир Борисович
Захарова Екатерина Тимофеевна
Петров Дмитрий Юрьевич

ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ УЧЕБНИКА В. Б. ЗАХАРОВА,
С. Г. МАМОНТОВА, Н. И. СОНИНА
«ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ. 10 КЛАСС»

Зав. редакцией *И. Б. Морзунова*
Ответственный редактор *Г. М. Пальдяева*
Художественное оформление *М. Г. Мицкевич*
Технический редактор *Н. И. Герасимова*
Компьютерная верстка *О. И. Колотова*
Корректор *И. А. Никанорова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.15.953.Д.005481.08.04 от 25.08.2004.

Подписано к печати 09.06.05. Формат 70×90^{1/32}.

Бумага типографская. Гарнитура «Школьная». Печать
офсетная. Усл. печ. л. 5,85. Тираж 15 000 экз. Заказ № 4195.

ООО «Дрофа». 127018, Москва, Суцевский вал, 49.

**Предложения и замечания по содержанию
и оформлению книги просим направлять
в учебную редакцию издательства «Дрофа»:
127018, Москва, а/я 79. Тел.: (095) 795-05-41.
E-mail: chief@drofa.ru**

**По вопросам приобретения продукции
издательства «Дрофа» обращаться по адресу:
127018, Москва, Суцевский вал, 49.
Тел.: (095) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (095) 795-05-52.**

Торговый дом «Школьник».
109172, Москва, ул. Малые Каменщики, д. 6, стр. 1А.
Тел.: (095) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Сеть магазинов «Переплетные птицы».
Тел.: (095) 912-45-76.

Огпечатано в ОАО ордена Трудового Красного Знамени
«Чеховский полиграфический комбинат»
142300 г. Чехов Московской области
Т/ф (501) 443-92-17, т/ф (272) 6-25-36
E-mail: chpk_marketing@chehov.ru